



TUGAS AKHIR -SS141501

# **ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS AMPAS TEBU DI PABRIK GULA PESANTREN BARU KEDIRI MENGUNAKAN DIAGRAM KONTROL MEWMV DAN MEWMA**

DUE NASHRUNISA  
NRP 1311 100 086

Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Mashuri, MT

Program Studi S-1 Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT- SS141501

# **QUALITY CONTROL ANALYSIS OF BAGASSE IN SUGAR MILLS USING MEWMV AND MEWMA CONTROL CHART**

DUE NASHRUNISA  
NRP 1311 100 086

Supervisor  
Dr. Muhammad Mashuri, MT

Undergraduate Programme of Statistics  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

## LEMBAR PENGESAHAN

# ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS AMPAS TEBU DI PABRIK GULA PESANTREN BARU KEDIRI MENGGUNAKAN DIAGRAM KONTROL MEWMV DAN MEWMA

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada

Program Studi S-1 Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DUE NASHRUNISA**  
NRP .1311 100 086

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Dr. Muhammad Mashuri, MT**  
NIP. 19620408 198701 1 001

(.....)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

**Dr. Muhammad Mashuri, MT**  
NIP 19620408 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2015

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS AMPAS TEBU DI  
PABRIK GULA PESANTREN BARU KEDIRI  
MENGUNAKAN DIAGRAM KONTROL MEWMV DAN  
MEWMA**

**Nama** : Due Nashrunisa  
**NRP** : 1311100086  
**Jurusan** : Statistika FMIPA – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Muhammad Mashuri, MT

**Abstrak**

*Salah satu teknik pengendalian kualitas yang dapat digunakan suatu industri adalah pengendalian kualitas secara statistik (Statistical Process Control). Pabrik Gula Pesantren Baru merupakan penghasil olahan tebu berupa gula pasir terbesar dengan volume sebesar 576.000 ton pada tahun 2014. Selama ini, di Pabrik Gula Pesantren Baru belum pernah dilakukan pengujian statistika untuk variabel Pol dan Zk untuk pengendalian kualitasnya, padahal kedua variabel tersebut sangat berpengaruh untuk hasil gula yang diproduksi. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini menggunakan salah satu diagram kontrol multivariat yang cukup efektif untuk mengontrol kualitas dengan pengamatan yang bersifat individual yaitu menggunakan diagram kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) untuk mean proses dan Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) untuk variabilitas proses. Berdasarkan hasil penelitian ini, menggunakan diagram kontrol MEWMV didapatkan bahwa karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk dalam keadaan tidak terkontrol. Pemilihan pembobot paling optimal digunakan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$ . Sedangkan untuk penerapan diagram kontrol MEWMA dari karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk didapatkan bahwa rata-rata untuk proses kehilangan nira pada ampas tebu di Pabrik Gula Pesantren Baru, Kediri pada bulan Juli-Agustus 2014 dalam keadaan tidak terkontrol dan menggunakan yang lebih sensitif menggunakan pembobot  $\lambda$  sebesar 0,8.*

**Kata Kunci** : *Diagram Kontrol MEWMA, Diagram Kontrol MEWMV, Pol, Zk*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## ***QUALITY CONTROL ANALYSIS OF BAGASSE IN SUGAR MILLS USING MEWMV AND MEWMA CONTROL CHART***

**Name** : Due Nashrunisa  
**NRP** : 1311100086  
**Department** : Statistika FMIPA – ITS  
**Supervisor** : Dr. Muhammad Mashuri, MT

### **Abstract**

*One of quality control techniques can be used an industry is statistical quality control (Statistical Process Control). Pesantren Baru Sugar Factory is the producer of refined cane sugar in the form of the largest with a volume of 576.000 tons in 2014. During this time, in the Pesantren Baru Sugar Factory has never performed a statistical test for variables Pol and Zk for quality control, when both variables are highly influential for sugar produced results. Therefore, in this study using a multivariate control charts are effective enough to control the quality of the individual observations are using multivariate control charts exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) to mean the process and Multivariate exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) to variability process. Based on these results, using control charts MEWMV found that the characteristics of quality, namely bagasse Pol and Zk in uncontrolled circumstances. Selection of the optimal weighting used  $\omega = 0.4$  and  $\lambda = 0.4$ . As for the application of control charts MEWMA of quality characteristics, namely bagasse Pol and Zk found that the average for the loss of sap on bagasse in Sugar Factory New Pesantren, Kediri in July-August 2014 in a state of uncontrolled and using a more sensitive use  $\lambda$  weighting of 0,8.*

**Kata Kunci** : *MEWMA Control Chart, MEWMV Control Chart, Pol, Statistical Process Control, Zk*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PEGANTAR

Alhamdulillah atas segala nikmat yang diberikan oleh Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, kekuatan, rahmat serta karunia-Nya, sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan bagi Nabi Muhammad SAW beserta sahabat dan keluarganya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Pengendalian Kualitas Ampas Tebu di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri menggunakan Diagram Kontrol MEWMV dan MEWMA”**

Pengerjaan Tugas Akhir ini tidak lepas dari peran serta dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima-kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku Ketua Jurusan Statistika ITS dan Dosen Pembimbing yang sabar dan senantiasa membantu penulis dengan arahan juga nasehatnya selama pengerjaan Tugas Akhir.
2. Bapak Drs. Haryono, MSIE dan Ibu Diaz Fitra Aksioma, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran, kritik dan masukan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT selaku dosen wali sejak semester 1 yang telah memberikan banyak saran dan nasihatnya baik mengenai perkuliahan maupun non perkuliahan.
4. Kedua orang tua Ayah Drs. Surono, S.IP dan Ibu Dra.Wardatul Awaliyah yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan baik secara moril dan materi, memberikan banyak semangat, doa, nasihat dan waktunya selama masa perkuliahan sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Kakak Nashru Pradebarika dan Adik Nashru Ulunalfat yang selalu menjadi tempat labuhan curhatan di rumah dalam keadaan stress maupun senang selama masa perkuliahan sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.



6. Bapak Nyani selaku pembimbing di pabrik yang telah membimbing penulis selama di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri.
7. Sahabat Geng Princess (Windy Hildayani, Alfani Husna Ahlisa, Arrifa Ariani Arifin) atas semua tawa canda, tangis kesedihan, amarah, dan semua waktu kebersamaan kita.
8. Sahabat Geng SE (Yusuf Baharudin, Adika Tamyiz, Diah Laksmi N) atas semua kekonyolan kalian, segala penghilang macam stress.
9. Sahabat Geng Prince (Yusman , Ilman, Suwarno, Zulfikar, Purwa) atas semua tujuan travelling dan “bully”an yang menghibur.
10. Sahabat seperjuangan Lab Statistika Industri Alfani , Windy , Cicik , Aulia Ahmad, Yusuf , Rizki Ilman, Nanda , Teta , Diah , Ratu , Cordova, Whilda atas semua dukungan dan semangat sampai darah penghabisan.
11. Teman-teman terdekat Eyon, Fika, Indry, Lia, Aul, Joshua, Ratu, Tiara, Esti, Azizah, Uni, Aris, Fajar, Esis, Eza selama ini telah memberikan suasana yang sangat menyenangkan dengan kehadiran kalian.
12. M. Nur Haqqul Qomarudin (Jurusan Matematika) yang telah membantu mengarahkan pembuatan sintax program digaram kontrol MEWMV menggunakan Matlab.
13. Teman-teman Statistika ITS 2011 - 2022 atas kebersamaan dan semua perjuangan selama di kampus.
14. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat. Serta mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, Juli 2015

**Penulis**

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b><i>TITLE PAGE</i></b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b><i>ABSTRACT</i></b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengujian Korelasi.....	5
2.2 Pengujian Normal Multivariat .....	6
2.3 Diagram Kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) .....	7
2.4 Diagram Kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) .....	11
2.5 Proses Produksi Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Sumber Data .....	19
3.2 Variabel Penelitian .....	19
3.3 Langkah Analisis .....	21
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Statistika Deskripsi Karakteristik Kualitas .....	25
4.2 Uji Korelasi Antar Variabel Karakteristik Kualitas.....	27

4.3 Uji Normal Multivariat Variabel Karakteristik Kualitas ..	28
4.4 Penerapan Diagram Kontrol MEWMV .....	28
4.5 Penerapan Diagram Kontrol MEWMA .....	33
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>45</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>71</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Karakteristik Kualitas Ampas Tebu .....	20
Tabel 3.2 Struktur Data pada Penelitian .....	20
Tabel 4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas .....	26
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan $tr(vt)$ Max – BKA .....	32
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai Max MEWMA-BKA .....	38

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## DAFTAR GAMBAR

### Halaman

Gambar 2.1	Diagram Alir Nira di Stasiun Penggilingan .....	14
Gambar 2.2	Proses Produksi Pabrik Gula Pesantren Baru .....	17
Gambar 3.1	Diagram Alir Langkah Penelitian .....	23
Gambar 4.1	Diagram Kontrol MEWMV $\omega=0,1$ ; $\lambda=0,1$ .....	28
Gambar 4.2	Diagram Kontrol MEWMV $\omega=0,4$ ; $\lambda=0,4$ .....	29
Gambar 4.3	Diagram Kontrol MEWMV $\omega=0,3$ ; $\lambda=0,1$ .....	30
Gambar 4.4	Diagram Kontrol MEWMV $\omega=0,2$ ; $\lambda=0,4$ .....	31
Gambar 4.5	Diagram Kontrol MEWMV Fase II $\omega=0,4$ ; $\lambda=0,4$ .....	33
Gambar 4.6	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,1$ .....	34
Gambar 4.7	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,2$ .....	34
Gambar 4.8	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,3$ .....	35
Gambar 4.9	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,4$ .....	35
Gambar 4.10	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,5$ .....	36
Gambar 4.11	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,6$ .....	36
Gambar 4.12	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,7$ .....	37
Gambar 4.13	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,8$ .....	37
Gambar 4.14	Diagram Kontrol MEWMA $\lambda=0,9$ .....	38
Gambar 4.15	Diagram Kontrol MEWMA Fase II $\lambda=0,8$ .....	39

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Due Nashrunisa, lahir di Surabaya pada tanggal 19 Juni 1993 ini merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Drs. Surono, S.IP dan Dra. Wardatul Awaliyah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Klampis Ngasem I (1999-2005), SMPN 30 Surabaya (2005-2008). SMA MTA Surakarta (2008-2011), dan melanjutkan pendidikan perkuliahan di

jurusan Statistika ITS melalui jalur masuk SNMPTN tulis pada tahun 2011. Penulis yang memiliki hobby travelling, menonton film dan kuliner ini pernah aktif di HIMASTA-ITS sebagai Staff PSDM, Staff FORSIS-ITS, dan juga menjadi bagian dari organisasi sosial Gudang Ilmu Indonesia (GII). Penulis termasuk pribadi yang humoris, ceria, dan terkadang moody ini sangat suka jika diundang ke suatu acara sebagai MC (Master of Ceremony) atau Moderator. Selain itu, penulis juga aktif di beberapa kepanitiaan khususnya kegiatan-kegiatan yang diadakan oleh HIMASTA ITS, salah satunya yaitu PRS. Apabila pembaca ingin memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini, ataupun berdiskusi terkait Tugas Akhir ini, silahkan menghubungi melalui email : [duenashrunisa@gmail.com](mailto:duenashrunisa@gmail.com)



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Persaingan berbagai perusahaan di bidang industri saat ini semakin pesat. Tentunya dengan didukung oleh sumber daya manusia serta berbagai peralatan yang berkontribusi pada perusahaan untuk mengendalikan kualitas produk perusahaan. Pihak manajemen perusahaan harus mengantisipasi dengan berbagai cara agar dapat memikat banyak konsumen pasar. Kualitas merupakan faktor dasar yang melandasi ketertarikan konsumen terhadap suatu produk dan juga merupakan faktor utama yang membawa keberhasilan bisnis, pertumbuhan, dan peningkatan posisi bersaing.

Salah satu teknik pengendalian kualitas yang dapat digunakan suatu industri adalah pengendalian kualitas secara statistik (*Statistical Process Control*). *Statistical Process Control* (SPC) adalah suatu cara pengendalian proses yang dilakukan melalui pengumpulan dan analisis data kuantitatif selama berlangsungnya proses produksi. Alat SPC untuk mendeteksi ketika proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*) adalah *control chart*. Terdapat dua macam diagram kontrol, yaitu diagram univariat dan diagram kontrol multivariat. Diagram kontrol univariat digunakan mengontrol mean maupun varian dari satu karakteristik kualitas saja. Pada suatu proses sering dijumpai beberapa karakteristik kualitas yang saling berhubungan (Johnson & Dean W, 2007). Sehingga pada kondisi ini, analisis yang relevan untuk mengontrol proses adalah diagram kontrol multivariat. Diagram kontrol multivariat mengontrol proses secara bersamaan antar karakteristik kualitas tersebut.

PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) di Indonesia, PTPN X merupakan penghasil olahan tebu berupa gula pasir terbesar dengan volume sebesar 576.000 ton pada tahun 2014. PTPN memiliki 11 pabrik gula yang tersebar di Sidoarjo, Mojokerto, Kediri, Jombang, Nganjuk, dan Tulungagung. Dari 11 pabrik gula

tersebut, Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri merupakan salah satu pabrik gula yang memiliki kapasitas produksi gula pasir tertinggi yaitu sebesar 6.250 Ton *Cane per Day* (TCD). Masa produksi gula di Pabrik Gula Pesantren Baru tidak dilakukan dalam satu tahun penuh, melainkan hanya pada saat musim tebang tebu saja yaitu antara bulan Mei hingga Desember (Widiarti, 2014).

Dalam hal ini, PTPN X (Persero) Pabrik Gula Pesantren Baru memiliki beberapa tahapan dalam proses pembuatan gula dimana dalam tahapan atau yang biasa disebut dengan stasiun ini memiliki beberapa macam karakteristik pengontrolan kualitas yang akan diukur agar hasil gula yang dihasilkan sesuai dengan target capaian. Dalam setiap stasiun memiliki batasan kualitas tersendiri, misalnya dalam stasiun gilingan terdapat kriteria keberhasilan yang harus dicapai yaitu kapasitas giling tercapai, HK nira tinggi, pol ampas rendah, dan zat kering ampas tinggi.

Oleh sebab itu, dalam stasiun gilingan ini terdapat dua karakteristik kualitas yang akan dihitung dalam ampas yaitu pol dan Zk, sehingga proses ini harus benar-benar diperhatikan karena pada stasiun gilingan ini merupakan proses awal yang akan menentukan kualitas produk gula yang dihasilkan. Peta kendali *multivariate exponentially weighted moving variance* (MEWMV) dan *multivariate exponentially weighted moving average* (MEWMA) merupakan alternatif yang baik untuk mengetahui adanya pergeseran yang sangat kecil pada ampas dalam proses pemerahan nira di stasiun penggilingan pabrik tebu.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Oktaria H, 2009) mengenai penerapan diagram kontrol MEWMA dan MEWMV pada proses produksi coca-cola 1,5L dengan hasil bahwa penerapan diagram kontrol MEWMA untuk pengontrolan mean proses dari karakteristik kualitas gas volume dan brix dengan berbagai pembobot memberikan hasil bahwa mean proses dalam keadaan yang tidak terkontrol dan terbukti bahwa semakin kecil pembobot akan semakin sensitive dalam melakukan pengontrolan. Diagram kontrol MEWMA dan MEWMV lebih

efektif dan efisien digunakan karena pengontrolan dapat dilakukan secara langsung tanpa adanya fase I. Selain itu, penelitian serupa juga telah dilakukan oleh (Jayanti, 2014) yang diperoleh hasil yaitu pengontrolan variabilitas dengan menggunakan MEWMV dimana diperoleh  $\lambda=0,1$  ;  $\omega=0,3$ ; dan  $L=3,6484$  merupakan nilai optimum, variabilitas proses fase I dan fase II diagram kontrol MEWMV telah terkontrol secara statistik. Penelitian yang berkaitan di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri telah dilakukan oleh (Utami, 2012) dalam tugas akhirnya yang berjudul Pendekatan Supply Chain Risk Management pada Aktivitas Supply Chain PG. Pesantren Baru yang hasilnya yaitu terdapat 8 resiko yang dilakukan perancangan mitigasi resiko yang terlebih dahulu mencari dahulu akar penyebab masalahnya dengan bantuan RCA 5 why.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Selama ini pada Pabrik Gula Pesantren Baru masih dilakukan pengujian statistika deskriptif, dan untuk pengendalian kualitas belum menggunakan pengujian secara statistika, maka pada penelitian ini akan dicobakan diagram kontrol multivariat untuk pengendalian kualitasnya. Pengujian secara multivariat dilakukan karena variabel yang akan diteliti yaitu Pol dan Zk, dimana kedua variabel yang diteliti ini mengandung korelasi diantara keduanya. Berdasarkan uraian pada bagian sebelumnya, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil pengendalian kualitas pada Ampas Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri menggunakan Diagram Kontrol MEWMV.
2. Bagaimana hasil pengendalian kualitas pada Ampas Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri menggunakan Diagram Kontrol MEWMA.

### **1.3 Tujuan**

Penelitian dilakukan dengan tujuan sebagai berikut.

1. Menerapkan pengendalian kualitas pada Ampas Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri menggunakan Diagram Kontrol MEWMV.
2. Menerapkan pengendalian kualitas pada Ampas Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri menggunakan Diagram Kontrol MEWMA.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu dapat menambah pengetahuan dan penerapan peta kendali MEWMV dan MEWMA di bidang industri. Selain itu dapat memberikan saran dan rekomendasi mengenai pengendalian proses kualitas pada ampas di Pabrik Gula pesantren Baru Kediri sehingga kandungan nira tebu dalam proses ini dapat dimaksimalkan dan kriteria keberhasilan di stasiun penggilingan dapat tercapai.

### **1.5 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini masalah dibatasi hanya pada proses dari stasiun gilingan di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri yaitu data ampas tebu yang merupakan ukuran penting dalam stasiun gilingan dan akan mempengaruhi pada proses-proses berikutnya. Pengamatan data dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2014 dengan variabel karakteristik Pol dan Zk.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pembuatan gula melalui beberapa proses yang harus dilalui dalam proses produksi, dimana dalam tahapan ini biasa disebut dengan stasiun. Dalam setiap stasiun memiliki batasan kualitas tersendiri, oleh sebab itu dalam stasiun gilingan terdapat dua karakteristik kulit yang akan dihitung dalam ampas yaitu Pol dan Zk, sehingga proses ini harus benar-benar diperhatikan karena pada stasiun gilingan ini merupakan proses awal yang akan menentukan kualitas produk gula yang dihasilkan. Peta kendali multivariate exponentially weighted moving variance (MEWMV) dan multivariate exponentially weighted moving average (MEWMA) merupakan alternatif yang baik untuk mengetahui adanya pergeseran yang sangat kecil pada ampas dalam proses pemerahan nira di stasiun penggilingan pabrik tebu.

#### **2.1 Pengujian Korelasi**

Uji korelasi adalah salah satu cara yang dapat dipakai untuk mencari hubungan antara dua variabel yang bersifat kuantitatif. Perhitungan korelasi dilakukan dengan berbagai cara, misalkan saja dengan melihat skala pengukuran variabel dan memperhatikan banyaknya variabel yang akan dihitung besarnya korelasi. Dalam penelitian ini terdapat 2 variabel yang akan diteliti sehingga pengujian korelasi dapat dilakukan menggunakan metode korelasi Pearson.

Metode korelasi Pearson ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antar variabel dalam kasus multivariat. Jika terdapat variabel  $X_1, X_2, \dots, X_p$  independen atau bersifat saling bebas, maka matriks korelasi antar variabel sama dengan matriks identitas. Sehingga untuk menguji kebebasan antar variabel ini, terdapat hipotesis dari metode korelasi Pearson ini yaitu sebagai berikut.

$H_0 : \rho = 0$  (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1 : \rho \neq 0$  (ada korelasi antar variabel)

Untuk statistik uji sebagai berikut.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^t (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \sum_{i=1}^t (x_{i2} - \bar{x}_2)^2}}$$

Keterangan :

i = 1, 2, ..., t

t = standar jumlah pengamatan

Apabila didapatkan Pvalue <  $\alpha$  maka tolak  $H_0$  artinya terdapat korelasi antar dua variabel karakteristik kualitas atau dapat dilihat kriteria r tabel yaitu Tolak  $H_0$  jika r hitung >  $r_{\alpha, df}$  (Rodgers & Nicewander, 1988).

## 2.2 Pengujian Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat merupakan distribusi yang dibentuk dari perluasan distribusi normal univariat untuk data multivariat. Sehubungan dengan banyaknya metode analisis multivariat yang berdasar pada asumsi ini, maka distribusi normal multivariat ini memiliki peranan yang sangat penting.

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan untuk menguji dugaan bahwa distribusi data yang akan dianalisis telah berdistribusi normal multivariat. Variabel random  $X_1, X_2, \dots, X_p$  dikatakan berdistribusi normal multivariate dengan parameter  $\mu$  dan  $\Sigma$  jika mempunyai *probability density function*.

Misalkan  $X' = (X_1, X_2, \dots, X_p)$  adalah vektor yang mengikuti distribusi multinormal dari pengamatan terhadap p variabel maka didapat fungsi padatan peluang untuk vektor  $X'$  dengan bentuk :

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{1/2(x-\mu)\Sigma^{-1}(x-\mu)}$$

Pemeriksaan asumsi distribusi normal multivariat dilakukan pada variabel random dengan hipotesis sebagai berikut ini.

$H_0$ : Data berdistribusi normal multivariat

$H_1$ : Data tidak berdistribusi normal multivariate

Pada nilai  $\mu$  dan  $\Sigma^{-1}$  yang destimasi dengan nilai  $\bar{x}$  dan  $S^{-1}$  untuk  $(x_i - \bar{x})'S^{-1}(x_i - \bar{x})$  (Johnson and Wichern, 1998)

$$d^2i = (x_i - \bar{x})'S^{-1}(x_i - \bar{x})$$

Dimana :

$S^{-1}$  = invers matriks varian kovarian dengan elemen matriks

$$S = \frac{\sum_{j=1}^t (x_j - \bar{x})(x_j - \bar{x})'}{t-1}, j = 1, 2, \dots, t$$

$p$  = banyak variabel karakteristik

$t$  = banyak pengamatan

Data akan berdistribusi normal multivariat apabila statistik  $d^2i$  , terdapat lebih dari 50% jarak  $d^2i \leq X^2_{(p,a)}$ .

### 2.3 Diagram Kontrol Multivarite Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV)

Diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) memiliki karakteristik yang hampir sama dengan diagram kontrol MEWMA, yang menjadi pembeda dari keduanya yaitu MEWMA digunakan untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses, sedangkan MEWMV digunakan untuk mengontrol pada bagian variabilitas. Diagram kontrol MEWMV berbeda dengan diagram kontrol variabilitas yang lain karena tidak membutuhkan asumsi rata-rata harus terkontrol selama periode pengamatan. Diagram kontrol MEWMV dibangun untuk dapat mendeteksi secara sensitif terjadinya perubahan variabilitas tanpa dipengaruhi perubahan proses rata-rata. Diagram kontrol multivariat dibangun dari persamaan berikut (Huwang & Arthur, 2007).

$$V_t = \omega(x_t - y_t)(x_t - y_t)^T + (1 - \omega)V_{t-1} \quad (2.1)$$

Dimana  $0 < \omega < 1$  dan  $V_0 = (x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T$  dan

$$y_t = \lambda x_t + (1 - \lambda)y_{t-1} \quad (2.2)$$

Dengan  $y_t$  merupakan waktu estimasi natural untuk proses rata-rata pada waktu ke- $t$  dari *Multivariate Weighted Moving Average*. Langkah-langkah untuk mendeteksi adanya perubahan dalam matriks dalam kovarian yaitu pertama-tama dengan mendefinisikan seperti di bawah ini.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_t \end{bmatrix}; Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_t \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Dimana  $t$  adalah banyaknya pengamatan yang dilakukan dan  $p$  adalah banyaknya variabel karakteristik yang terlibat.

$$C = \begin{bmatrix} (1 - \omega)^{t-1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega(1 - \omega)^{t-2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & 0 & \omega(1 - \omega) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \omega \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$C$  adalah matriks diagonal berukuran  $n \times n$  dengan  $\omega$  sebagai elemennya,  $\omega$  merupakan bobot yang ditetapkan. Berdasarkan persamaan (2.4) dan (2.5) didapatkan persamaan baru sebagai berikut ini.

$$V_t = \sum_{i=1}^t \omega(1 - \omega)^{t-i} (x_i - y_i)(x_i - y_i)^T + (1 - \omega)^t V_0$$

$$y_t = \sum_{i=1}^t \lambda(1 - \lambda)^{t-i} x_i$$



$$\begin{aligned}
 x_i - y_i &= x_i - \sum_{j=1}^i \lambda(1-\lambda)^{i-j} x_j \\
 x_i - y_i &= (1-\lambda)x_i - \lambda(1-\lambda)x_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{i-1}x_1; \\
 i &= 1, 2, \dots, t
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Dari persamaan (2.8) maka dilanjutkan dengan perhitungan di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 (\mathbf{X} - \mathbf{Y}) &= \begin{bmatrix} (x_1 - y_1)^T \\ (x_2 - y_2)^T \\ \vdots \\ (x_t - y_t)^T \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1-\lambda & 0 & \dots & 0 \\ -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda & \vdots & 0 \\ \vdots & \dots & \ddots & 0 \\ -\lambda(1-\lambda)^{t-1} & \dots & -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda \end{bmatrix} \mathbf{x} \begin{bmatrix} x_1^T \\ x_2^T \\ \vdots \\ x_n^T \end{bmatrix} \\
 &= (\mathbf{I}_t - \mathbf{M})\mathbf{X}
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

Dengan  $\mathbf{I}_t$  adalah matriks identitas ukuran  $t \times t$  dan  $\mathbf{M}$  adalah matriks segitiga bawah berukuran  $t \times t$  dengan  $\lambda$  merupakan bobot yang telah ditetapkan.

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & \dots & 0 \\ \lambda(1-\lambda) & \lambda & \vdots & 0 \\ \vdots & \dots & \ddots & 0 \\ \lambda(1-\lambda)^{t-1} & \dots & \lambda(1-\lambda) & \lambda \end{bmatrix}$$

Berdasarkan persamaan (2.9), maka dapat diperoleh

$$\begin{aligned}
 t &= (\mathbf{X} - \mathbf{Y})^T \mathbf{C}(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) \\
 &= \mathbf{X}^T (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C}((\mathbf{I}_t - \mathbf{M})\mathbf{X}) \\
 &= \mathbf{X}^T \mathbf{Q}\mathbf{X}
 \end{aligned} \tag{2.7}$$

Dimana  $\mathbf{Q}$  adalah matriks bujur sangkar dengan ukuran  $n \times n$ .

$$\mathbf{Q} = (\mathbf{I}_t - \mathbf{M})^T \mathbf{C} ((\mathbf{I}_t - \mathbf{M})) \quad (2.8)$$

$$= \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1t} \\ q_{12} & q_{22} & \vdots & q_{2t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{t1} & q_{t2} & \dots & q_{tt} \end{bmatrix}$$

Berdasarkan persamaan (2.9) diperoleh

$$tr(\mathbf{V}_t) = tr(\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X}) = tnr(\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T)$$

Oleh karena itu,

$$\begin{aligned} tr(\mathbf{V}_t) &= \sum_{j=1}^t q_{1j} \left( \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{jk} \right) \\ &\quad + \sum_{j=1}^t q_{2j} \left( \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{jk} \right) + \dots \\ &\quad + \sum_{j=1}^t q_{tj} \left( \sum_{k=1}^p x_{tk} x_{jk} \right) \end{aligned}$$

$$= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t q_{ij} \left( \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \quad (2.9)$$

Saat  $p = 1$  persamaan  $tr(\mathbf{V}_t)$  akan menjadi persamaan EMWV. Saat proses dalam keadaan terkontrol dapat ditunjukkan perhitungan untuk mendapatkan  $E(tr(\mathbf{V}_t))$

$$\begin{aligned} E[tr(\mathbf{V}_t)] &= \sum_{i=1}^t q_{ii} E \left( \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 \right) + \sum_{i=1}^t \sum_{i \neq 1}^t q_{ij} E \left( \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \\ &= p \sum_{i=1}^t q_{ii} \\ &= p \times tr(\mathbf{Q}) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Nilai  $E[tr(\mathbf{V}_t)]$  pada persamaan (2.13) akan konvergen ke  $E(\mathbf{V}_t) = \frac{1(1-\lambda)^2 \Sigma}{2-\lambda}$  ketika  $\lambda \neq 1 - \sqrt{1-\omega}$  untuk  $t \rightarrow \infty$  dan perhitungan  $Var[tr(\mathbf{V}_t)]$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Var[tr(\mathbf{V}_t)] &= \left[ \sum_{j=1}^t q_{ii} \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^t \sum_{j<1}^t q_{ij} \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right] \\
 &= \sum_{i=1}^t q_{ii}^2 Var\left(\sum_{k=1}^p x_{ik}^2\right) + 4 \sum_{i=1}^t \sum_{j<1}^t q_{ij}^2 Var\left(\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk}\right) \\
 &= 2p \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t q_{ij}^2 + 4p \sum_{i=1}^t \sum_{j<1}^t q_{ij}^2 \\
 &= 2p \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t q_{ij}^2
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Persamaan (2.14) akan menjadi batas akan menjadi batas peta kendali yang memungkinkan untuk setiap  $t$ . Berdasarkan persamaan (2.12) pula didapatkan batas kendali berdasarkan  $tr(\mathbf{V}_t)$  yaitu

$$\begin{aligned}
 &E[tr(\mathbf{V}_t)] \pm L\sqrt{Var[tr(\mathbf{V}_t)]} \\
 &= p \times tr(\mathbf{Q}) \pm L\sqrt{2p \sum_{i=1}^t \sum_{j<1}^t q_{ij}^2}
 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Dimana  $L$  merupakan konstanta yang bergantung pada  $p$  (banyaknya variabel karakteristik) dan nilai  $\omega$  dan  $\lambda$  yang telah ditentukan sebelumnya.

## 2.4 Diagram Kontrol Multivarite Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)

Ada beberapa diagram kendali yang dapat digunakan untuk mengontrol proses kualitas produksi suatu benda. Bila dilihat berdasarkan banyaknya karakteristik kualitas, diagram kendali juga dibedakan menjadi dua yaitu diagram kendali

univariat dan multivariat. Dalam penelitian ini menggunakan peta kendali multivariat karena terdapat 2 karakteristik kualitas yang akan diteliti. Diagram kontrol yang akan digunakan dalam pembahasan ini yaitu *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA). MEWMA digunakan untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses yang masih kecil pada data multivariat dengan sampel individual. Peta kendali MEWMA memberikan informasi yang didapat dari masa lampau, sehingga membuat peta kendali MEWMA lebih sensitif untuk mendeteksi pergeseran rata-rata yang kecil serta *robust* terhadap normal pada pengamatan individual (Stoumbos & Sullivan, 2002).

Salah satu kelebihan diagram kontrol MEWMA adalah *robust* terhadap asumsi distribusi normal, artinya apabila data tidak memenuhi asumsi distribusi multivariat normal maka pembuatan diagram kendali MEWMA masih dapat dilakukan. Diagram kontrol MEWMA berdasarkan pada vektor observasi dengan rumus yang tertera dalam (Montgomery, 2009) sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{i-1} \quad (2.13)$$

Dimana nilai  $0 < \lambda < 1$  dengan

$i = 1, 2, 3, \dots, t$

$\mathbf{Z}_0 = \mathbf{0}$

$t$  = banyaknya pengamatan yang dilakukan

$p$  = banyaknya variabel karakteristik kualitas yang diamati

$\lambda$  = besarnya pembobot

Data yang akan diplot pada diagram kontrol adalah sebagai berikut.

$$T_i^2 = \mathbf{Z}_i^T \Sigma_{\mathbf{Z}_i}^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (2.14)$$

Setelah didapatkan diagram kontrol dengan perhitungan data diatas, maka data dapat dikatakan *out of control* jika terdapat  $T_i^2 > h_4$ . Nilai  $h_4 > 0$ , nilai ini akan dipilih untuk mendapatkan

ketetapan ARL yang dikontrol dengan matriks kovarian sebagai berikut.

$$\Sigma_{Z_i} = \frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \Sigma \quad (2.15)$$

Keterangan :

$i = 1, 2, \dots, t$

$j = 1, 2, \dots, p$

$h_4$  = batas kontrol pada diagram kontrol MEWMA

## 2.5 Proses Produksi Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri

Produksi Pabrik Gula Pesantren Baru menggunakan bahan baku tebu. Bahan baku tebu ini terutama diperoleh dari perkebunan tebu rakyat yang lazim disebut TRI (Tebu Rakyat Intensifikasi) dan tebu rakyat yang lain atau TRB (Tebu Rakyat Bebas). Disamping tebu milik pabrik sendiri  $\pm 5\%$  nya. Kapasitas giling  $\pm 5500$  ton tebu per hari. Didalam operasinya Pabrik Gula Pesantren Baru menggunakan bahan pembantu antara lain kapur (CaO), Belerang (S), Asam Phospat ( $H_2SO_4$ ) dan Flocculant. Alat-alat yang ada antara lain alat angkut, alat timbang, penggilingan, peralatan pemurnian, peralatan penguapan, peralatan kristalisasi, peralatan pengeringan, dan peralatan pengepakan. Pabrik Gula Pesantren baru terletak di Desa Pesantren Kecamatan Pesantren Kota Madya Kediri Provinsi Jawa Timur.

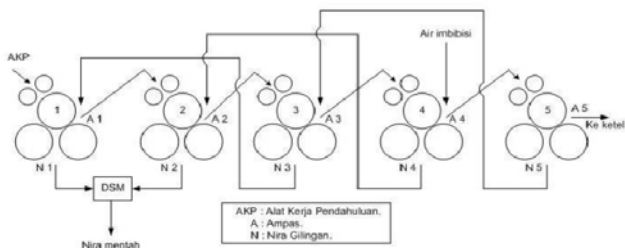
Dalam proses pembuatan gula di Pabrik Gula Pesantren Baru, tebu yang diangkut dengan truk dan lori harus melewati tahapan (stasiun) sebagai berikut.

### 1. Stasiun Persiapan

Pada stasiun persiapan, tebu yang berasal dari sawah diangkut menuju pabrik menggunakan truk dan lori, kemudian dilakukan pengecekan awal di pintu masuk pabrik yang setelahnya dibawa menuju meja tebu untuk ditentukan jenis tebu. Terdapat 5 jenis tebu yaitu tebu jenis A, B, C, D, E.

### 2. Stasiun Gilingan

Stasiun gilingan merupakan stasiun awal dari proses membuat gula. Terdapat 5 buah gilingan di Pabrik Gula Pesantren Baru, dimana antara satu gilingan dan gilingan lainnya saling terkait dan berhubungan. Sebelum digiling, tebu dipotong dengan mesin *Cane Cutter* I dan *Cane Cutter* II serta dipisahkan dengan menggunakan mesin *Hammer Shredder*. Kemudian tebu digiling sehingga menghasilkan nira dan ampas tebu. Pada stasiun gilingan digunakan air imbibisi yang diberikan pada ampas tebu setelah gilingan IV. Pemberian air imbibisi bertujuan melarutkan gula yang masih terdapat dalam ampas tebu sehingga dapat mengurangi kehilangan gula dalam ampas atau memperkecil pol ampas sehingga diperoleh pol ampas yang ideal sebesar 2%. Pada ampas setelah gilingan I sampai dengan ampas gilingan III digunakan imbibisi nira, sedangkan untuk ampas setelah gilingan IV berasal dari air sumur. Jumlah air imbibisi yang ditambahkan berkisar 20 – 30% dari jumlah total tebu yang digiling. Jumlah pemberian air imbibisi dapat diukur dengan *flowmeter*. Suhu air imbibisi yang digunakan berkisar antara 70<sup>0</sup>C - 80<sup>0</sup>C. Pemberian imbibisi nira pada ampas gilingan III diambilkan dari nira hasil perahan gilingan V, untuk imbibisi nira pada ampas gilingan II diambilkan dari nira hasil perahan gilingan IV dan untuk imbibisi nira pada ampas gilingan I diambilkan dari nira hasil perahan gilingan III.



**Gambar 2.1** Diagram Alir Nira di Stasiun Penggilingan

### 3. Stasiun Pemurnian

Proses pemurnian nira bertujuan untuk memisahkan semaksimal mungkin kotoran dalam nira mentah, menekan kehilangan nira, serta optimalisasi pemkasian bahan pembantu proses dan efisiensi biaya. Pada stasiun pemurnian, kotoran – kotoran yang tercampur pada nira mentah hasil gilingan akan dihilangkan dengan cara menambahkan bahan pembantu untuk menaikkan tingkat kemurnian nira dan mencegah inversi. Bahan pembantu yang digunakan antara lain asam fosfat cair yang digunakan untuk mempermudah pengendapan nira. Susu kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Setiap tahapan dalam proses pemurnian akan dilakukan pengontrolan suhu dan pH setiap saat karena optimasi proses pemurnian memerlukan kondisi proses yang optimal.

### 4. Stasiun Penguapan

Nira yang telah dijernihkan pada stasiun pemurnian akan diturunkan kadar airnya pada stasiun penguapan, sehingga akan diperoleh nira dengan kadar brix sebesar 65% dan tingkat kekentalan tertentu yang diharapkan oleh pabrik. Proses penguapan menggunakan sistem *Quadrafel Effect* dengan tujuh buah evaporator dengan sistem parallel dan sistem seri. Sistem parallel digunakan pada evaporator nomor I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>, II<sub>A</sub>, dan II<sub>B</sub> secara bergantian apabila salah satu dari evaporator tersebut dibersihkan (*skrap*). Sedangkan untuk sistem seri, digunakan pada evaporator nomor II, IV, dan V uap yang digunakan pada evaporator tersebut adalah uap nira dari evaporator seelumnya. Pada stasiun penguapan, proses penguapan nira dilakukan pada tekanan vacuum untuk menghindari terjadinya inversi (perpecahan nira) karena pemanasan.

### 5. Stasiun Masakan

Nira yang telah melewati stasiun penguapan akan mengalir pada stasiun masakan. Tujuan stasiun masakan adalah membuat kristal – kristal gula dengan cara merubah sukrosa dari bentuk larutan menjadi kristal dan menguapkan kadar air didalam nira sehingga diperoleh brix sebesar 70 – 80 %. Pada stasiun masakan

terdapat 11 buah Pan Kristalisasi (*Vacuum Pan*). Setiap *Vacuum Pan* dilengkapi dengan *condenser*, bak air jatuh dan pompa *vacuum*. Untuk menghasilkan kristal gula, dalam setiap *Vacuum Pan* terjadi tahap pemekatan nira yakni pemanasan nira sampai melewati titik jenuh sehingga akan menyebabkan pembentukan suatu pola kristal sukrosa. Setelah melewati tahap pemekatan, maka nira dalam suatu *Vacuum Pan* akan melewati tahap pembibitan dan tahap pembesaran kristal.

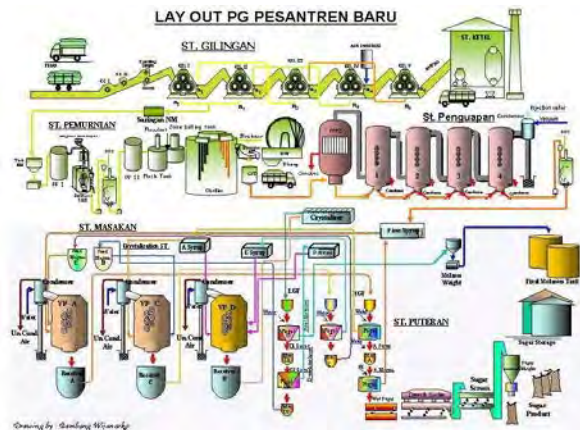
## 6. Stasiun Putaran

Pabrik Gula Pesantren Baru memiliki dua sistem pemutaran yaitu sistem LGF (*Low Grade Fugalling*) dan sistem HGF (*High Grade Fugalling*). Setelah melalui proses pemutaran maka diperoleh gula produk SHS (*Super High Sugar*) yaitu gula putih dengan kualitas IA. Produk gula tersebut akan melewati *Grasshoper* (talang goyang) menuju *Dryer* (alat pengering) yang memiliki suhu  $50^{\circ}\text{C}$  dan kemudian melewati *Cooler* yang memiliki suhu  $30^{\circ}\text{C}$  sehingga diperoleh gula yang kering. Gula yang telah kering akan dipisahkan menggunakan alat *Vibrating Screen* untuk memisahkan gula berdasarkan besar dan kecilnya kristal gula sehingga dapat diperoleh gula produksi yang memiliki ukuran kristal yang sama yaitu 0,9 – 1,1 mm.

## 7. Stasiun Penyelesaian

Pada stasiun penyelesaian, gula yang telah kering dan ukuran kristalnya telah sama akan ditimbang dan kemudian dibungkus dengan kapasitas yang seragam yang selanjutnya akan disimpan dalam gudang atau langsung dikirim pada konsumen.





**Gambar 2.2** Proses Produksi Pabrik Gula Pesantren Baru

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian yaitu bagian yang akan membahas jalannya penelitian dari awal hingga selesai. Pada bab ini beberapa hal yang akan dibahas diantaranya adalah sebagai berikut.

#### **3.1 Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan data sekunder yang diambil di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri. Data yang akan digunakan merupakan data dari salah satu stasiun (tahapan) dalam pembuatan gula yaitu pada stasiun gilingan yang merupakan stasiun awal dari proses pembuatan gula. Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu pada bulan Juli-Agustus 2014 oleh inspektor yang berpengalaman. Teknik pengambilan sampel dilakukan setiap hari pada masa produksi dan diambil sampelnya dari hasil mesin gilingan ke-5 dimana ini adalah ampas tebu yang dihasilkan paling akhir dalam stasiun gilingan. Sedangkan keluaran terakhir yaitu ampas dari gilingan 5 digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran di dalam ketel (boiler).

Untuk menentukan gula yang hilang dilakukan analisa pada ampas. Ampas dari gilingan terakhir dianalisa %Pol dan %Zat Kering sehinggadapat diketahui %gula yang tertinggal di dalam ampas dan dapat diperkirakan air imbibisi yang diberikan. Untuk itu pengukuran dilakukan pada %Pol dan %Zat Kering yang ada pada ampas tebu di stasiun gilingan. Pemeriksaan dilakukan oleh inspektor yang mencatat besar Pol ampas dan Zk ampas menggunakan alat yaitu *polarimeter*. Data hasil pengukuran oleh inspektor kemudian diserahkan kepada supervisor bagian *quality control*.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berasal dari data ampas tebu pada proses pembuata gula di stasiun

gilingan pabrik tebu. Karakteristik kualitas tersebut dapat ditampilkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3.1** Karakteristik Kualitas Ampas

Variabel	Karakteristik Kualitas	Satuan	Batas Spesifikasi
$X_1$	Pol	%	2%
$X_2$	Zk	%	49-50%

Kedua variabel yang digunakan dalam penelitian ini memiliki fungsi tersendiri yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Pol merupakan kadar gula yang masih terkandung dalam ampas dan diperoleh dari pengukuran menggunakan polarimeter. Pol memiliki satuan % dan batas spesifikasi yang diterapkan di Pabrik Gula Pesantren Baru sebesar 2%.
2. Zk merupakan zat kering dalam ampas tebu. Zk memiliki satuan % dan batas spesifikasi yang ditetapkan Pabrik Gula Pesantren Baru sebesar 49-50%.

Hubungan kedua karakteristik kualitas tersebut adalah besarnya persentase kehilangan nira yang terjadi di stasiun penggilingan yaitu diakibatkan oleh % Pol dan % Zk yang dihasilkan oleh ampas. Sebab, kriteria keberhasilan unit gilingan salah satunya yaitu didapatkan pol ampas rendah dan zat kering ampas tinggi.

Adapun struktur data yang berdasarkan hasil inspeksi yang telah dilakukan, struktur data akan ditampilkan pada Tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3.2** Struktur Data Pada Penelitian

Pengamatan (i)	$X_1$	$X_2$
1	$X_{11}$	$X_{21}$
2	$X_{12}$	$X_{22}$
3	$X_{13}$	$X_{23}$
-	-	-
-	-	-
-	-	-
T	$X_{1t}$	$X_{2t}$

Keterangan :

- i : Pengamatan
- t : Jumlah pengamatan
- $X_1$  : Variabel karakteristik kualitas Pol (%)
- $X_2$  : Variabel karakteristik kualitas Zk (%)

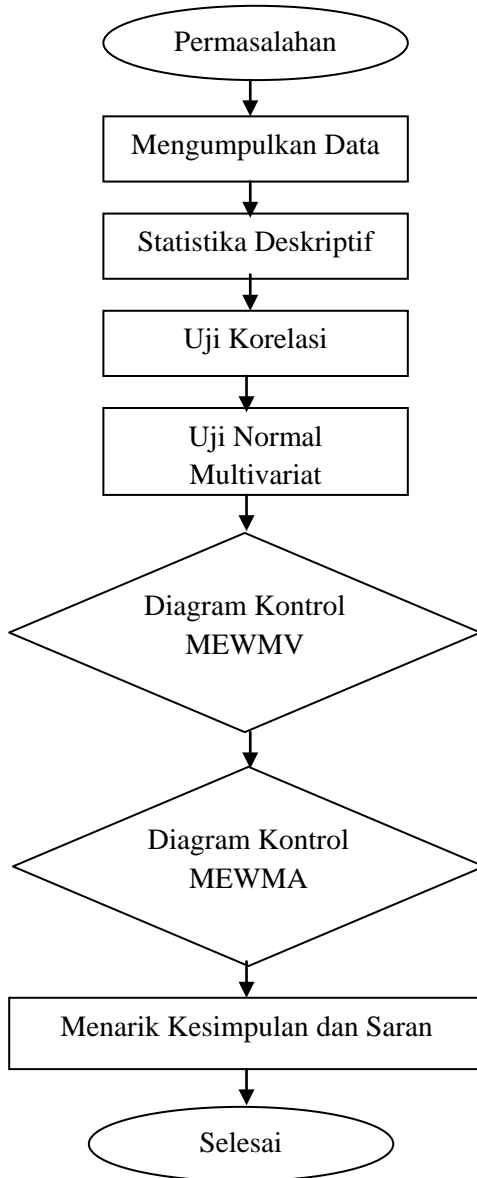
### 3.3 Langkah Analisis

Langkan analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mendefinisikan karakteristik variabel-variabel dengan statistika deskriptif yaitu rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, maksimum.
2. Menentukan korelasi variabel-variabel pada ampas dalam proses pembuatan gula di stasiun gilingan pabrik tebu. Melakukan pengujian korelasi pada variabel yang ada di ampas dalam proses pembuatan gula di stasiun gilingan pabrik tebu, antara lain Pol dan Zk. Apabila  $p$ -value yang dihasilkan kurang dari  $\alpha$ , maka ada korelasi antar variabel.
3. Melakukan pengujian distribusi normal multivariat yang dilakukan pada seluruh variabel yang ada. Apabila diperoleh jarak Mahalanobis yang dihasilkan lebih dari 50%, maka data berdistribusi normal multivariat.
4. Menentukan pengontrolan variabilitas ampas dalam proses pembuatan gula di stasiun gilingan pabrik tebu dengan diagram kontrol MEWMV.
  - a. Membuat matriks C dengan ukuran  $t \times t$ , dengan nilai diagonal utama  $\omega$  (nilai pembobot yang telah ditentukan sebelumnya)
  - b. Membuat matriks M yang merupakan matriks segitiga bawah dengan elemennya  $\lambda$  (nilai pembobot yang telah ditentukan sebelumnya)
  - c. Membuat matriks  $I_t$  berukuran  $t \times t$
  - d. Menghitung matriks Q sesuai dengan persamaan (2.7) yang digunakan untuk mendapatkan  $\text{tr}(V_t)$  sebagai matriks karakteristik kualitas yang akan dikontrol.

- e. Menghitung nilai  $\text{tr}(V_t)$  sesuai dengan persamaan (2.8) dengan matriks  $X$  adalah vektor elemen pada vektor pengamatan  $x_i$ .
  - f. Membuat  $E(\text{tr}(V_t))$  sesuai dengan persamaan (2.9) dan menghitung  $\text{var}(\text{tr}(V_t))$  sesuai dengan persamaan (2.10)
  - g. Menentukan batas peta kendali untuk setiap pengamatan ( $t$ ) dengan persamaan (2.11)
5. Menentukan pengontrolan rata-rata ampas dalam proses pembuatan gula di stasiun gilingan pabrik tebu dengan diagram kontrol MEWMA.
- a. Menentukan pembobot dengan batas kendali yang telah ditetapkan pada diagram kontrol MEWMA.
  - b. Menghitung matriks varian kovarian  $\Sigma$ .
  - c. Menghitung vektor MEWMA,  $Z_1$  dan  $Z_2$  sesuai dengan persamaan (2.13).
  - d. Menghitung statistika MEWMA yaitu  $T_i^2$  dengan persamaan (2.14).
6. Menarik kesimpulan

Langkah analisis yang telah dijelaskan diatas, dapat digambarkan pada diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Penelitian

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pembahasan pada penelitian ini dilakukan menggunakan data kualitas ampas tebu di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri pada Bulan Juli-Agustus 2014 dengan melihat korelasi antar variabel karakteristik kualitas yang digunakan. Setelah menguji korelasi selanjutnya akan dilanjutkan dengan pengujian distribusi normal multivariat. Adapaun variabel karakteristik yang akan diteliti ada dua yaitu variabel Pol (kadar gula dalam tebu) dan variabel Zk (zat kering). Kedua asumsi ini apabila telah terpenuhi selanjutnya dapat dilanjutkan dengan membuat diagram kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMV) dan Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA). Diagram kontrol MEWMV ini merupakan diagram kontrol untuk memonitor variabilitas proses tanpa adanya asumsi tidak terjadi perubahan rata-rata proses selama pengontrolan proses dilakukan. Sedangkan diagram kontrol MEWMA yaitu diagram kontrol untuk mendeteksi terjadinya perubahan rata-rata proses.

#### **4.1 Statistika Deskriptif Karakteristik Kualitas**

Karakteristik kualitas yang diamati yaitu Pol dan Zk yang terdapat dalam ampas tebu di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri . Berikut ini untuk mengetahui karakteristik kualitas maka diberikan deskripsi karakteristik pada Pol dan Zk, data yang digunakan yaitu ampas tebu yang diambil pada bulan Juli-Agustus 2014. Berikut ini merupakan hasil deskripsi karakteristik kualitas ampas tebu, adapun deskripsi yang akan digunakan yaitu nilai rata-rata dari setiap variabel, besar deviasi standar, nilai minimum dan juga nilai maksimum dari keseluruhan data setiap variabel :

**Tabel 4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas**

Variabel	Rata-Rata	Deviasi Standar	Minimum	Maksimum	Satuan
poljuli	2,257	0,153	1,880	2,9	%
zkjuli	48,094	0,755	46,5	50	%
polagust	2,299	0,145	1,95	2,70	%
zkagust	47,884	0,682	46	49,5	%

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat menjelaskan bahwa pada pada kolom satu yaitu terdapat variabel karakteristik yaitu Pol dan Zk pada bulan Juli 2014 dan bulan Agustus 2014. Selanjutnya pada kolom kedua terdapat nilai rata-rata dari masing-masing variabel, diketahui untuk rata-rata Pol pada bulan Juli sebesar 2,257 dengan rata-rata Zk pada bulan Juli sebesar 48,094 dan Pol pada bulan Agustus sebesar 2, 299 dengan rata-rata Zk pada bulan Agustus sebesar 47,884. Pada kolom ketiga terdapat nilai deviasi standar yang menyatakan jarak data terhadap rata-rata, didapatkan deviasi standar Pol pada bulan Juli sebesar 0,153 dan Zk pada bulan Juli sebesar 0,755, sedangkan deviasi standar Pol pada bulan Agustus sebesar 0,145 dan Zk pada bulan Agustus sebesar 0,682. Kemudian di kolom keempat dan kelima ditampilkan nilai minimum dan nilai maksimum untuk masing-masing variabel yang didapatkan bahwa nilai minimum untuk Pol Juli sebesar 1,880 dengan nilai maksimum sebesar 2,9, sedangkan pada Zk Juli nilai minimumnya yaitu 46,5 dengan nilai maksimum sebesar 50. Selain itu, nilai minimum untuk Pol Agustus sebesar 1,95 dengan nilai maksimum sebesar 2,7, sedangkan pada Zk Agustus nilai minimumnya yaitu 46 dengan nilai maksimum sebesar 49,5.

Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri memiliki batas spesifikasi yang telah ditentukan sendiri untuk pengukuran karakteristik kualitas untuk Pol yaitu 2% dan Zk sebesar 49-50%. Dengan hasil deskripsi karakteristik kualitas yang didapatkan seperti yang telah dijelaskan pada paragraf diatas maka untuk

rata-rata variabel Pol pada bulan Juli sebesar 2,257 dan bulan Agustus sebesar 2,299 tidak jauh dari batas spesifikasi dari pabrik sebesar 2%. Sedangkan untuk rata-rata variabel Zk pada bulan Juli sebesar 48,094 dan bulan Agustus sebesar 47,884 juga tidak jauh dari batas spesifikasi dari pabrik sebesar 49-50%. Setelah penjelasan mengenai deskriptif karakteristik kualitas dari Pol dan Zk, analisis berikutnya yaitu akan membahas pengujian asumsi yang diperlukan dalam pembuatan diagram kontrol MEWMV dan MEWMA.

#### 4.2 Uji Korelasi Antar Variabel Karakteristik Kualitas

Pengujian korelasi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antar variabel secara statistik. Hal ini dilakukan untuk melanjutkan pembuatan diagram kontrol multivariat yang syaratnya yaitu data harus memenuhi asumsi bahwa variabel yang akan diamati terdapat korelasi. Pengujian terhadap 2 karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk pada bulan Juli-Agustus 2014 ini dihitung dalam waktu yang bersamaan. Dalam pengujian korelasi ini, metode yang digunakan yaitu menggunakan metode korelasi *Pearson* dengan tingkat signifikansi  $\alpha$  sebesar (0,05).

Hasil perhitungan untuk pengujian korelasi *Pearson* pada kedua variabel karakteristik kualitas Pol dan Zk di bulan Juli-Agustus 2014 didapatkan *p-value* sebesar 0,000. Berdasarkan hasil tersebut, maka keputusannya yaitu tolak  $H_0$  karena *p-value* kurang dari  $\alpha$  (0,05) yang artinya terdapat korelasi antara kedua variabel karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk. Didapatkan pula nilai korelasinya yaitu -0,170, hal ini menjelaskan bahwa antara variabel Pol dan Zk terdapat korelasi negatif atau hal ini dapat dikatakan ketika Pol ampas rendah maka Zk ampas tinggi.

Hubungan kedua karakteristik kualitas tersebut adalah besarnya persentase kehilangan nira yang terjadi di stasiun penggilingan yaitu diakibatkan oleh % Pol dan % Zk yang dihasilkan oleh ampas. Sebab, kriteria keberhasilan unit gilingan

salah satunya yaitu didapatkan Pol ampas rendah dan Zk ampas tinggi.

#### 4.3 Uji Normal Multivariat Variabel Karakteristik Kualitas

Pengujian distribusi normal multivariat ini dilakukan terhadap kedua variabel karakteristik kualitas ampas tebu pada bulan Juli-Agustus 2014 yaitu terhadap variabel Pol dan Zk. Dimana hipotesis yang digunakan berikut ini.

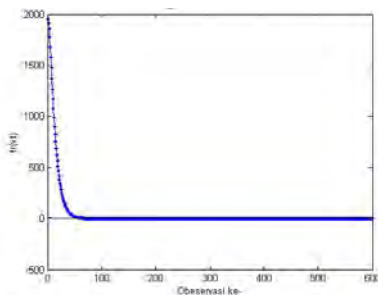
$H_0$  : Kedua variabel karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk berdistribusi normal multivariat.

$H_1$  : Kedua variabel karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk tidak berdistribusi normal multivariat.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai proporsi sebesar 0,5023, maka proporsi sudah lebih dari 50% sehingga gagal tolak  $H_0$  yang artinya kedua variabel karakteristik kualitas ampas tebu Pol dan Zk berdistribusi normal multivariat.

#### 4.4 Penerapan Diagram Kontrol MEWMV

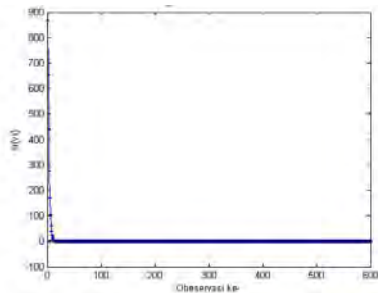
Penerapan diagram kontrol MEWMV dalam penelitian ini menggunakan berbagai kombinasi dari nilai  $\lambda$  dan nilai  $\omega$  yang berbeda-beda. Pada penelitian ini akan dilakukan penerapan diagram kontrol MEWMV untuk fase I di bulan Juli 2014 dan untuk fase II di bulan Agustus 2014. Hasil pengontrolan variabel Pol dan Zk dengan diagram kontrol MEWMV pada fase I yaitu sebagai berikut.



**Gambar 4.1** Diagram Kontrol MEWMV  $\omega=0,1$  ;  $\lambda=0,1$

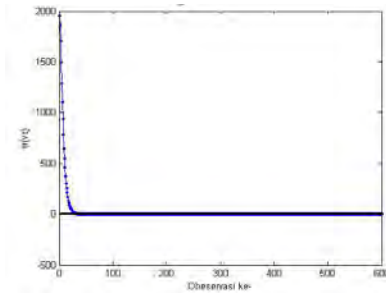
Berdasarkan pada Gambar 4.1 diketahui bahwa pengontrolan variabilitas proses dengan diagram kontrol MEWMV menggunakan  $\omega=0,1$  dan  $\lambda=0,1$  didapatkan batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar 6.2735 dengan nilai  $\text{trace}(\text{vt})$  maksimal sebesar 1949. Diketahui bahwa menggunakan  $\omega=0,1$  dan  $\lambda=0,1$  dari 600 data yang digunakan ada 494 titik plot pengamatan yang keluar dari batas kendali sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses tidak baik.

Selanjutnya, dilakukan kembali pembuatan diagram kontrol MEWMV dengan cara yang sama menggunakan nilai  $\lambda$  dan nilai  $\omega$  yang lebih besar yaitu  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$  dan didapatkan hasil berikut ini.



**Gambar 4.2** Diagram Kontrol MEWMV  $\omega=0,4$  ;  $\lambda=0,4$

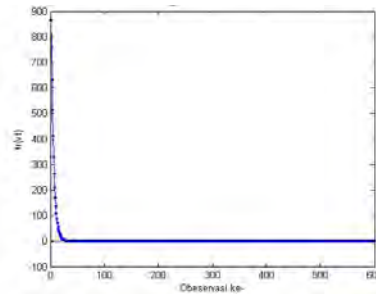
Berdasarkan pada Gambar 4.2 diatas didapatkan hasil pengontrolan variabilitas proses dengan diagram kontrol MEWMV menggunakan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$  didapatkan batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar 3.735 dan nilai  $\text{trace}(\text{vt})$  sebesar 866,2314. Diketahui bahwa menggunakan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$  dari 600 data yang digunakan masih ada 13 titik plot pengamatan yang keluar dari batas kendali sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas masih belum baik atau variabilitas proses belum terkontrol secara statistik.



**Gambar 4.3** Diagram Kontrol MEWMV  $\omega=0,3$  ;  $\lambda=0,1$

Selanjutnya, dilakukan kembali pembuatan diagram kontrol MEWMV dengan cara yang sama menggunakan nilai  $\lambda$  dan nilai  $\omega$  yang lebih besar yaitu  $\omega=0,3$  dan  $\lambda=0,1$  dan didapatkan hasil pengontrolan variabilitas proses dengan diagram kontrol MEWMV menggunakan  $\omega=0,3$  dan  $\lambda=0,1$  didapatkan batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar 7,8854 dan trace(vt) sebesar 1949,020704. Diketahui bahwa menggunakan  $\omega=0,3$  dan  $\lambda=0,1$  dari 600 data yang digunakan masih ada 33 titik plot pengamatan yang keluar dari batas kendali bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas masih belum baik atau variabilitas proses belum terkontrol secara statistik.

Selanjutnya, dilakukan kembali pembuatan diagram kontrol MEWMV dengan cara yang sama menggunakan nilai  $\lambda$  dan nilai  $\omega$  yang lebih besar yaitu  $\omega=0,2$  dan  $\lambda=0,4$  dan didapatkan hasil pengontrolan variabilitas proses dengan diagram kontrol MEWMV menggunakan  $\omega=0,2$  dan  $\lambda=0,4$  didapatkan batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar 3,2382 dan nilai trace(vt) maksimum sebesar 866,2314. Diketahui bahwa menggunakan  $\omega=0,2$  dan  $\lambda=0,4$  dari 600 data yang digunakan masih ada 29 titik plot pengamatan yang keluar dari batas kendali bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas masih belum baik atau variabilitas proses belum terkontrol secara statistik.



**Gambar 4.4** Diagram Kontrol MEWMV  $\omega=0,2$  ;  $\lambda=0,4$

Setelah dilakukan pengontrolan menggunakan berbagai macam kombinasi pembobot nilai  $\omega$  dan  $\lambda$  sehingga didapatkan hasil perhitungan batas kendali pada setiap diagram kontrol, maka untuk mengetahui diagram kontrol MEWMV yang paling sensitif dalam melihat pergeseran proses varians dengan melihat dari pola titik  $tr(vt)$  yang menyebar secara random dan berdasarkan dengan perhitungan titik  $tr(vt)$  maksimum dikurangi dengan batas kendali atas (BKA) maksimum dari diagram kontrol MEWMV. Berikut ini merupakan hasil perhitungan selisih dari titik  $tr(vt)$  maksimum dengan BKA diagram kontrol.

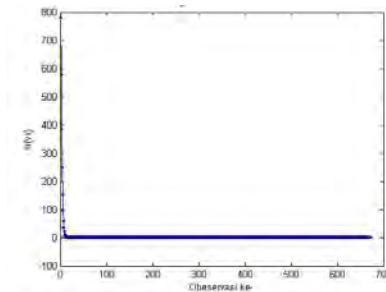
Langkah selanjutnya yaitu untuk mengetahui pembobot optimal yang akan terpilih dan berikutnya pembobot terpilih inilah yang akan digunakan pada fase II. Untuk mendapatkan nilai pembobot optimal digunakan perhitungan  $tr(vt)$  maksimum – BKA maksimum, berdasarkan pada tabel 4.3 diketahui bahwa dengan menggunakan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$  didapatkan memiliki nilai selisih yang paling kecil. Sehingga diagram kontrol MEWMV ini digunakan pembobot terpilih yang lebih sensitif dibanding lainnya yaitu dengan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$ . Setelah diperoleh pembobot terpilih yang paling sensitif, selanjutnya dapat digunakan pada fase II.

**Tabel 4.2** Hasil Perhitungan  $tr(vt)$  Max – BKA

$\lambda$	$\omega$	L	$tr(vt)$ maksimum	BKA maksimum	$tr(vt)$ maksimum - BKA maksimum
0.1	0.1	2.8725	1.95E+03	6.2735	1.94E+03
0.2	0.1	2.8738	1539.966976	4.9585	1.54E+03
0.3	0.1	2.88	1179.037216	3.8024	1.18E+03
0.4	0.1	2.8838	866.2314	2.7963	8.63E+02
0.1	0.2	3.4725	1949.020704	7.2455	1.94E+03
0.2	0.2	3.4775	1539.966976	5.7312	1.53E+03
0.3	0.2	3.485	1179.037216	4.3953	1.17E+03
0.4	0.2	3.4975	866.2314	3.2382	8.63E+02
0.1	0.3	3.8675	1949.020704	7.8854	1.94E+03
0.2	0.3	3.8725	1539.966976	6.2368	1.53E+03
0.3	0.3	3.88	1179.037216	4.7824	1.17E+03
0.4	0.3	3.885	866.2314	3.5172	8.63E+02
0.1	0.4	4.1625	1949.020704	8.3633	1.94E+03
0.2	0.4	4.1675	1539.966976	6.6144	1.53E+03
0.3	0.4	4.1788	1179.037216	5.0752	1.17E+03
0.4	0.4	4.1875	866.2314	3.735	8.62E+02

Selanjutnya nilai pembobot optimal atau nilai pembobot terpilih yang lebih sensitif pada fase I yaitu terpilih dengan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$  digunakan sebagai pembobot pada fase II. Dalam penelitian ini fase II merupakan data data kualitas ampas tebu di Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri di bulan Agustus 2014. Berikut ini adalah hasil pengontrolan variabilitas dari fase II.





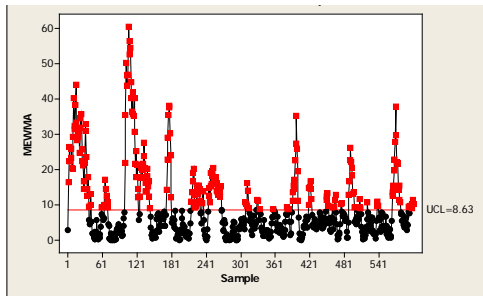
**Gambar 4.5** Diagram Kontrol MEWMV Fase II  $\omega=0,4$  ;  $\lambda=0,4$

Hasil diagram kontrol MEWMV dengan menggunakan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$  pada fase II ditunjukkan oleh Gambar 4.5 diketahui menghasilkan batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar 3.735 dan nilai  $\text{trace}(\text{vt})$  maksimum sebesar 780,4492. Diketahui bahwa menggunakan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$  dari 672 data yang digunakan masih ada 13 titik plot pengamatan yang keluar dari batas kendali bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas masih belum baik atau variabilitas proses belum terkontrol secara statistik. Namun, dari 13 nilai yang keluar batas kendali atau *out of control* ini merupakan pengamatan yang termasuk dalam awal periode produksi. Observasi yang *out of control* pada awal periode produksi ini terjadi karena belum stabil keadaan produksi karena harus ada pengecekan atau setting ulang semua mesin atau perangkat yang digunakan.

#### 4.5 Penerapan Diagram Kontrol MEWMA

Setelah dilakukan pengontrolan terhadap variabilitas proses dengan menggunakan diagram kontrol MEWMV maka selanjutnya dilakukan pengontrolan rata-rata proses menggunakan diagram kontrol MEWMA. Penggunaan diagram kontrol MEWMA ini akan digunakan pembobot yang sama dengan yang digunakan pada diagram kontrol MEWMV, hal ini dilakukan agar pengontrolan antara variabilitas dan rata-rata dapat optimal.

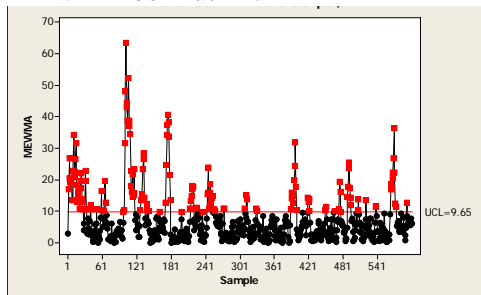
Berikut ini adalah diagram kontrol MEWMA pada karakteristik kualitas ampas tebu yaitu *pol* dan *zk*.



**Gambar 4.6** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,1$

Hasil diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,1$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 8,63 dan terdapat 99 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

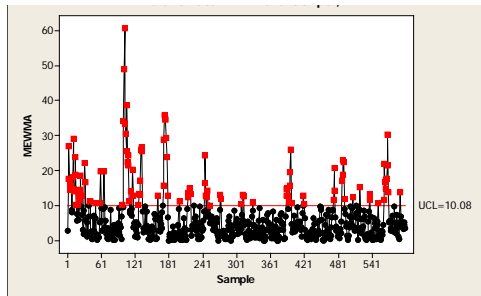
Selanjutnya akan digunakan pembobot  $\lambda=0,2$  untuk diagram kontrol MEWMA berikut ini.



**Gambar 4.7** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,2$

Hasil diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,2$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 9,65 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

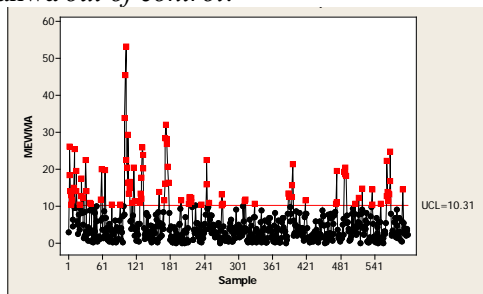
Selanjutnya akan digunakan pembobot  $\lambda=0,3$  untuk diagram kontrol MEWMA berikut ini.



**Gambar 4.8** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,3$

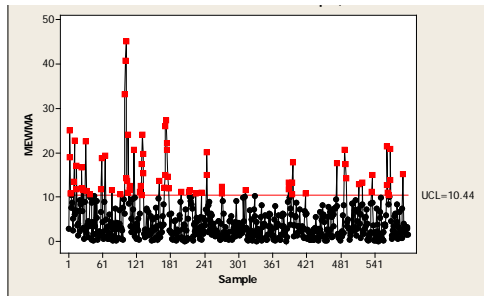
Hasil diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,3$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,08 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

Selanjutnya dilakukan kembali pembuatan diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,4$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.9 di bawah ini, diketahui memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,31 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.



**Gambar 4.9** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,4$

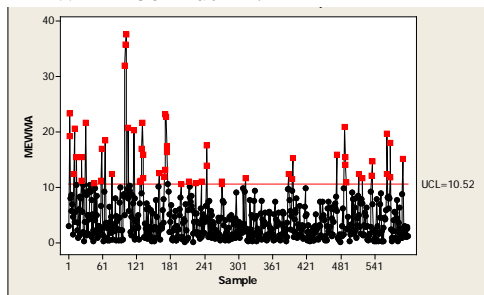
Selanjutnya akan digunakan pembobot  $\lambda=0,5$  untuk diagram kontrol MEWMA berikut ini.



**Gambar 4.10** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,5$

Hasil diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,5$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.10 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,44 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

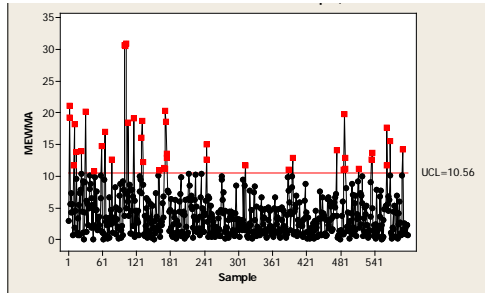
Selanjutnya akan digunakan pembobot  $\lambda=0,6$  untuk diagram kontrol MEWMA berikut ini.



**Gambar 4.11** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,6$

Hasil diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,6$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.11 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,52 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

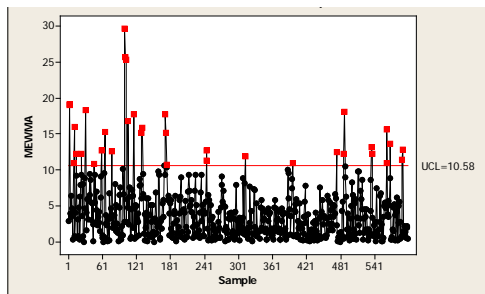
Selanjutnya akan digunakan pembobot  $\lambda=0,7$  untuk diagram kontrol MEWMA berikut ini.



**Gambar 4.12** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,7$

Hasil diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,7$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.12 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,56 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

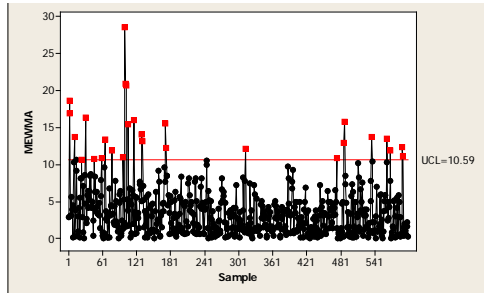
Selanjutnya akan digunakan pembobot  $\lambda=0,8$  untuk diagram kontrol MEWMA berikut ini.



**Gambar 4.13** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,8$

Hasil diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,8$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.13 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,58 dan terdapat titik

pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.



**Gambar 4.14** Diagram Kontrol MEWMA  $\lambda=0,9$

Selanjutnya dilakukan kembali pembuatan diagram kontrol MEWMA menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,9$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.14, diketahui bahwa dengan pembobot 0,9 memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,58 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

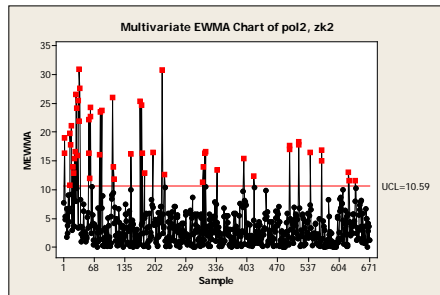
**Tabel 4.3** Hasil Perhitungan Nilai Max MEWMA-BKA

No	$\lambda$	BKA	Nilai Max MEWMA	Nilai Max MEWMA-BKA
	0.1	8.63	60.28	51.65
	0.2	9.65	63.42	53.77
	0.3	10.08	60.54	50.46
	0.4	10.31	53.25	42.94
	0.5	10.44	45.18	34.74
	0.6	10.52	37.58	27.06
	0.7	10.56	30.91	20.35
	0.8	10.58	29.58	19
	0.9	10.59	28.51	17.92

Untuk melihat diagram kontrol MEWMA dengan nilai pembobot yang paling sesuai atau paling sensitif maka dapat

diketahui dengan melihat selisih nilai maksimal MEWMA dengan batas kendali atas dari diagram kontrol MEWMA yang telah dibuat. Pada tabel 4.3 merupakan hasil dari perhitungan nilai maksimal MEWMA dikurangi dengan nilai batas kendali atas pada setiap diagram kontrol MEWMA.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai maksimal MEWMA dikurangi dengan nilai batas kendali atas pada tabel 4.3 tersebut dapat diketahui bahwa menggunakan pembobot  $\lambda=0,9$  merupakan hasil selisih yang paling kecil. Maka selanjutnya dengan menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,9$  akan digunakan untuk membuat diagram kontrol MEWMA pada fase II. Berikut ini adalah diagram kontrol MEWMA fase II.



**Gambar 4.15** Diagram Kontrol MEWMA Fase II  $\lambda=0,9$

Hasil diagram kontrol MEWMA fase II menggunakan nilai pembobot  $\lambda=0,9$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.15 diatas memiliki nilai batas kendali atas sebesar 10,59 dan terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas atau titik ini dapat dikatakan bahwa *out of control*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR PUSTAKA

- Huwan, L., & Arthur, B. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observation. *Journal of Quality Industry* , 39, 258-278.
- Jayanti, J. D. (2014). *Penerapan Diagram Kontrol Mewma dan Mewmv pada Pengendalian Kualitas Air Produksi di Ipam Ngagel I*. Surabaya: ITS.
- Johnson, R. A., & Dean W, W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth Edition*. United States of America: Pearso Education Inc.
- Johnson,A.R and Winchern,D.W. 1998. *Applied Multivarite Statistical Analysis*. New Jersey.Prentice Hall. Upper Saddle River.
- Montgomery, D. (2009). *Multivariate Statistical Methods (2nd ed.)*. United States of America: John Willey & Sons.
- Oktaria H, P. (2009). *Penerapan Diagram Kontrol MEWMA dan MEWMV pada Proses Produksi Coca-Cola 1,5L PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Jawa Timur*. Surabaya: ITS.
- Rodgers,J.S.,& Nicewander,A.(1998). Thirteen Ways to Look at The Correlation Coefficient. *The American Statistician*,4.
- Stoumbos, Z. G., & Sullivan, J. H. (2002). Robustness to Non-Normality of The Multivariate EWMA Control Chart. *Journal of Quality Technology* , 260.

- Utami, N. F. (2012). *Pendekatan Supply Chain Risk Management pada Aktivitas Supply Chain PG. Pesantren Baru*. Surabaya: ITS.
- Widiarti, P. (2014, Juni 16). Kejar Produksi 576.000 Ton Gula, Ini Strategi PTPN X. Surat Kabar Online Bisnis.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pembahasan analisis data didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Penerapan diagram kontrol MEWMV untuk pengontrolan variabilitas proses dari karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk didapatkan dalam keadaan tidak terkontrol. Pemilihan pembobot dalam penelitian ini yang paling optimal digunakan  $\omega$  dan  $\lambda$  yang terpilih yaitu dengan menggunakan  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$ . Dengan menggunakan pembobot tersebut diketahui bahwa pengontrolan terhadap variabilitas proses yang terjadi lebih baik dibandingkan dengan pembobot lainnya.
2. Penerapan diagram kontrol MEWMA untuk pengontrolan rata-rata proses dari karakteristik kualitas ampas tebu yaitu Pol dan Zk didapatkan dalam keadaan tidak terkontrol. Untuk pengontrolan rata-rata proses pada kehilangan nira pada ampas tebu menggunakan diagram kontrol MEWMA lebih sensitif menggunakan pembobot  $\lambda$  sebesar 0,9.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan dari analisis yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya maka sebaiknya dilakukan perbaikan proses dahulu setelah diketahui hasil dari diagram kontrol fase 1, sehingga data yang digunakan untuk fase 2 yaitu data setelah ada perbaikan proses. Maka diharapkan hasil analisisnya semakin baik atau pada fase 2 didapatkan hasil yang *in control*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data Penelitian (Pol dan Zk Ampas Tebu Pabrik Gula Pesantren Baru Kediri Bulan Juli- Agustus)

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.28	49.0	2.38	46.50	2.46	48.0	2.68	47.50
1.93	50.0	2.41	46.00	2.56	48.5	2.61	46.75
2.43	50.0	2.47	46.00	2.18	48.5	2.54	47.75
2.06	48.5	2.35	47.00	2.24	48.0	2.76	47.00
1.98	48.5	2.43	47.00	1.98	48.0	2.71	47.00
2.26	49.0	2.50	47.50	2.08	49.5	2.57	48.00
2.15	49.0	2.38	47.50	1.88	49.5	2.66	48.00
2.28	48.2	2.48	47.00	2.10	48.3	2.43	47.50
1.98	48.2	2.32	47.00	2.45	48.3	2.78	47.50
2.02	49.5	2.45	48.00	2.55	47.8	2.55	46.00
1.95	49.5	2.58	48.00	1.98	47.8	2.67	46.00
2.24	48.1	2.52	47.50	2.23	49.5	2.78	48.00
2.01	48.1	2.47	47.50	2.58	47.5	2.53	48.00
2.18	49.7	2.56	47.00	2.58	47.5	2.45	47.50
2.25	49.7	2.68	47.00	2.48	47.5	2.41	47.50
2.33	48.0	2.58	46.50	2.42	49.5	2.38	48.00
2.13	48.0	2.63	46.50	2.33	49.0	2.47	48.00
2.06	48.5	2.55	47.50	2.15	47.0	2.32	48.50
2.03	48.5	2.42	47.50	2.25	47.0	2.35	48.50
1.98	48.0	2.52	47.50	2.23	48.5	2.38	49.00
2.26	48.0	2.64	47.50	2.08	48.5	2.41	49.00
2.08	49.5	2.33	47.00	1.95	47.0	2.44	48.00
2.28	49.5	2.64	47.50	2.58	47.5	2.41	48.00
2.43	49.5	2.33	47.00	2.58	47.5	2.44	48.00

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
1.98	48.0	2.35	47.50	2.61	47.0	2.54	47.50
2.27	47.0	2.43	48.00	2.07	49.0	2.25	48.50
2.43	47.0	2.41	48.00	2.28	49.0	2.67	48.50
2.08	49.0	2.26	48.50	2.10	48.5	2.28	47.00
2.28	49.0	2.48	48.50	2.13	48.5	2.75	47.00
2.46	47.5	2.52	47.50	2.40	47.0	2.33	47.50
2.01	47.5	2.44	47.50	2.05	47.0	2.44	47.50
2.16	48.6	2.69	49.00	2.32	49.0	2.71	49.00
1.98	48.6	2.57	49.00	2.07	49.0	2.35	49.00
2.03	49.2	2.23	46.00	2.13	48.5	2.58	48.00
1.95	49.2	2.61	46.00	2.20	48.5	2.23	48.00
2.23	47.8	2.73	48.50	2.10	48.0	2.26	48.00
2.18	47.8	2.33	48.50	2.26	48.0	2.29	48.00
2.26	48.2	2.41	47.00	2.17	47.0	2.41	47.50
2.15	48.2	2.56	47.00	2.42	47.0	2.35	47.50
1.98	47.0	2.44	48.50	2.42	47.0	2.43	48.50
1.93	47.0	2.47	48.50	2.35	48.3	2.38	48.50
2.18	49.0	2.38	48.00	2.26	48.4	2.35	47.50
2.33	49.0	2.35	48.00	2.32	47.3	2.43	47.50
2.05	48.0	2.41	47.00	2.13	48.5	2.38	47.50
2.23	48.0	2.33	47.00	2.67	47.3	2.32	48.00
2.23	48.0	2.29	47.50	2.51	47.8	2.45	47.00
2.46	47.5	2.33	47.50	2.35	47.5	2.26	47.00
2.23	48.0	2.29	47.50	2.90	47.0	2.34	48.50
2.60	48.0	2.36	47.00	2.73	47.0	2.29	48.50
2.29	49.0	2.45	48.00	2.78	47.5	2.38	48.00
2.10	49.0	2.28	48.00	2.26	47.5	2.32	48.00
2.42	47.0	2.37	47.50	2.55	48.0	2.27	47.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.48	48.0	2.52	47.50
2.73	47.5	2.48	49.00
2.28	47.5	2.43	49.00
2.46	47.0	2.74	46.50
2.32	47.0	2.18	46.50
2.26	48.0	2.63	47.00
2.36	48.0	2.56	47.00
2.18	47.0	2.31	49.00
2.45	47.0	2.40	49.00
2.40	48.5	2.38	47.50
2.53	48.5	2.41	47.50
2.68	49.0	2.47	48.50
2.25	49.0	2.44	48.50
2.15	48.0	2.32	48.00
2.45	47.0	2.44	48.00
2.15	48.0	2.32	47.63
2.55	48.5	2.43	47.50
2.18	49.0	2.48	47.00
2.26	49.0	2.37	47.00
2.04	48.0	2.41	48.00
2.43	48.0	2.22	48.00
2.58	47.5	2.22	48.00
2.55	47.5	2.32	47.50
2.43	47.0	2.39	48.50
2.28	47.0	2.41	48.50
2.02	46.5	2.47	47.50
2.10	46.5	2.36	47.50
2.13	47.0	2.29	48.00

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.25	47.0	2.48	48.00
2.40	48.5	2.32	48.50
2.46	48.5	2.35	48.50
2.28	48.0	2.56	47.50
2.43	48.0	2.50	47.50
2.52	47.5	2.22	49.00
2.41	47.5	2.31	49.00
2.25	48.3	2.35	48.00
2.55	48.5	2.38	48.00
2.25	48.5	2.41	48.50
2.25	48.5	2.38	48.50
2.25	48.5	2.41	48.50
2.04	47.5	2.18	49.00
2.01	48.0	2.37	48.00
2.42	48.0	2.31	48.00
2.16	49.0	2.27	49.50
2.40	49.0	2.49	49.50
2.26	48.5	2.22	47.50
2.33	48.5	2.11	47.50
2.22	48.0	2.26	47.00
2.13	48.0	2.38	47.00
2.38	49.0	2.29	48.00
2.45	49.0	2.47	48.00
2.36	48.5	2.35	47.50
2.29	48.5	2.26	47.50
2.10	47.5	2.41	48.50
2.41	47.5	2.32	48.50
2.54	47.0	2.23	48.00

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.46	47.0	2.28	48.00	2.10	47.0	2.32	47.00
2.26	48.0	2.42	48.50	2.33	48.3	2.25	48.50
2.18	48.0	2.31	48.50	2.28	48.5	2.33	48.50
2.45	47.5	2.19	48.00	2.48	48.0	2.32	47.00
2.29	47.5	2.38	48.00	2.18	47.5	2.58	48.00
2.38	49.0	2.31	48.50	2.13	48.0	2.33	48.50
2.38	49.0	2.19	48.00	2.10	48.0	2.52	48.50
2.38	49.0	2.38	48.00	2.04	49.0	2.65	48.50
2.02	48.5	2.73	49.00	2.26	49.0	2.48	48.50
1.99	49.3	2.28	47.00	2.15	49.2	2.41	47.00
2.10	49.3	2.37	47.00	2.48	49.2	2.35	47.00
1.95	49.7	2.78	47.50	2.30	47.5	2.35	47.00
2.10	49.7	2.44	47.50	2.24	47.5	2.41	47.00
2.25	49.5	2.68	48.00	2.33	48.5	2.11	47.50
2.28	49.5	2.41	48.00	1.98	48.5	2.29	47.50
2.13	49.0	2.26	48.00	2.18	47.0	2.32	48.50
2.45	49.0	2.32	48.00	2.33	48.5	2.44	48.50
2.48	48.0	2.11	49.50	2.18	47.0	2.26	48.00
2.33	48.0	2.54	47.63	2.26	47.0	2.34	48.00
2.10	47.0	2.17	49.00	2.07	48.5	2.41	47.50
2.27	47.0	2.26	49.00	2.31	48.5	2.52	47.50
2.08	48.5	2.23	48.50	2.15	48.0	2.36	48.50
2.26	48.5	2.42	48.50	2.43	48.0	2.47	48.50
2.41	48.0	2.25	47.50	2.10	49.5	2.42	47.00
2.13	48.0	2.31	47.50	2.24	49.5	2.48	47.00
2.28	49.0	2.40	48.00	2.06	49.0	2.47	48.50
2.25	49.0	2.28	48.00	2.19	49.0	2.42	47.00
2.45	47.0	2.48	47.00	2.01	48.5	2.48	47.00



Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.01	48.5	2.73	49.50	2.28	46.5	2.05	47.50
2.18	49.0	2.49	47.50	2.12	48.0	2.38	47.00
2.26	49.0	2.41	47.50	2.26	48.0	2.32	47.00
2.31	47.5	2.27	47.00	2.08	47.0	2.25	48.00
2.16	47.5	2.31	47.00	2.35	47.0	2.14	48.00
2.04	48.0	2.52	46.50	2.28	48.0	2.11	48.50
2.18	48.0	2.17	46.50	2.34	47.3	2.13	48.50
2.38	49.5	2.41	48.00	2.02	47.5	2.35	47.00
2.21	49.5	2.32	48.00	2.16	47.5	2.26	47.00
2.16	48.0	2.26	48.00	2.31	48.0	2.29	47.50
1.98	48.0	2.29	48.50	2.01	48.0	2.35	47.50
2.13	48.5	2.23	47.50	2.18	47.5	2.31	48.00
2.23	48.5	2.35	47.50	2.26	47.5	2.22	48.00
2.18	47.5	2.29	49.00	2.16	48.0	2.18	48.50
2.26	47.5	2.34	49.00	2.22	48.0	2.27	48.50
2.35	48.0	2.42	48.00	2.34	47.5	2.35	47.00
1.98	48.0	2.26	48.00	2.24	47.5	2.23	47.00
2.18	49.5	2.38	47.00	2.18	48.0	2.27	48.50
2.23	49.5	2.45	47.00	2.24	47.5	2.35	47.00
2.41	47.0	2.27	48.50	2.18	48.0	2.23	47.00
2.26	47.0	2.48	48.50	2.01	48.0	2.29	47.50
2.35	48.0	2.48	48.50	2.16	47.5	2.38	48.50
2.26	47.0	2.48	47.88	2.26	49.0	2.32	48.50
2.35	48.0	2.35	47.00	2.31	47.5	2.34	49.00
2.48	48.5	2.18	48.00	2.31	48.5	2.22	49.00
2.33	47.0	2.25	47.00	2.15	49.2	2.26	48.50
2.25	47.0	2.13	47.00	2.18	49.5	2.32	48.50
2.28	46.5	2.36	47.50	2.03	49.0	2.25	48.00

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.43	49.0	2.33	48.38	2.41	47.5	2.26	48.00
2.46	47.0	2.38	48.00	2.26	48.0	2.24	49.00
2.41	47.0	2.42	48.00	2.01	48.1	2.31	49.00
2.26	49.0	2.21	48.50	2.15	47.5	2.35	48.00
2.08	49.0	2.34	48.50	2.22	47.5	2.18	48.00
2.32	48.0	2.18	49.00	2.10	48.5	2.41	49.50
2.44	48.0	2.33	49.00	2.18	48.5	2.13	49.50
2.22	47.5	2.28	48.00	2.26	47.0	2.36	47.50
2.26	47.5	2.23	48.00	2.04	47.0	2.22	47.50
2.31	48.0	2.17	47.00	2.16	48.0	2.03	46.50
2.18	48.0	2.10	47.00	2.16	48.0	2.22	47.50
2.14	49.0	2.21	47.50	2.04	47.0	2.03	46.50
2.22	49.0	2.44	47.50	1.93	49.5	2.16	49.50
2.01	48.0	2.27	48.00	2.33	48.5	2.20	48.50
2.22	49.0	2.44	47.50	2.15	48.5	2.26	48.50
2.01	48.0	2.27	48.00	2.28	47.5	2.32	47.00
2.26	48.5	2.19	49.00	2.35	47.5	2.29	47.00
2.41	48.0	2.17	48.50	2.17	48.5	2.23	48.00
2.32	47.5	2.20	48.50	2.42	48.0	2.27	48.00
2.46	48.5	2.25	49.00	2.23	49.0	2.31	49.00
2.33	47.0	2.28	49.00	1.98	49.0	2.31	49.00
2.22	48.0	2.38	47.00	2.15	47.5	2.24	48.38
2.36	48.0	2.29	47.00	2.08	47.5	2.28	48.00
2.25	47.0	2.41	48.00	2.35	48.0	2.42	47.00
2.08	47.0	2.23	48.00	2.27	48.0	2.42	47.00
2.42	48.0	2.31	48.50	2.12	48.0	2.34	48.50
2.46	48.0	2.19	48.50	2.15	48.0	2.38	48.50
2.22	47.5	2.38	48.00	1.98	49.0	2.48	47.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.06	49.0	2.07	47.50	2.04	48.5	2.10	47.50
2.18	48.5	2.44	48.50	2.22	47.5	2.33	47.00
2.35	48.5	2.37	48.50	2.22	47.5	2.18	47.50
2.26	47.5	2.30	49.00	2.16	48.5	2.10	47.50
2.01	47.5	2.14	49.00	2.28	47.5	2.23	47.00
2.16	48.0	2.22	48.00	2.32	48.0	2.17	48.00
2.26	47.5	2.14	49.00	2.40	48.0	2.14	48.00
2.42	48.0	2.22	48.00	2.35	47.0	2.26	48.00
2.28	47.5	2.11	49.50	2.30	47.0	2.29	48.00
2.32	48.0	2.17	48.50	2.13	49.0	2.17	48.50
2.40	48.0	2.26	48.50	2.12	49.0	2.28	48.50
2.35	47.0	2.35	47.00	2.06	48.0	2.34	48.00
2.30	47.0	2.32	47.00	2.15	48.5	2.29	48.00
2.13	49.0	2.26	48.00	2.28	49.0	2.32	48.00
2.12	49.0	2.32	48.00	2.30	49.0	2.21	48.00
2.06	48.0	2.35	47.50	2.13	47.5	2.27	48.50
2.15	48.5	2.31	47.50	2.37	47.5	2.18	48.50
2.28	49.0	2.26	48.50	2.29	48.0	2.22	49.00
2.30	49.0	2.37	48.50	2.18	48.0	2.29	49.00
2.13	47.5	2.30	48.00	2.26	47.5	2.38	48.00
2.37	47.5	2.23	48.00	2.13	47.5	2.44	48.00
2.29	48.0	2.27	47.50	2.01	48.0	2.12	47.00
2.18	48.0	2.24	47.50	2.06	48.0	2.31	47.00
2.26	47.5	2.39	49.00	2.16	48.5	2.23	48.00
2.13	47.5	2.17	49.00	2.04	48.5	2.34	48.00
2.01	48.0	2.22	48.00	2.22	47.5	2.18	48.50
2.06	48.0	2.15	48.00	2.22	47.5	2.34	48.00
2.16	48.5	2.18	47.50	2.16	48.5	2.18	48.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.36	48.0	2.27	48.00	2.18	47.5	2.35	48.50
2.48	48.5	2.21	49.00	2.28	47.5	2.29	48.00
2.17	48.5	2.16	49.00	2.26	48.0	2.41	48.00
2.03	49.5	2.25	48.50	2.14	48.5	2.26	47.50
2.26	49.5	2.32	48.50	2.32	47.0	2.11	47.50
2.12	49.0	2.36	48.00	2.28	47.0	2.03	47.00
2.22	49.0	2.28	48.00	2.10	47.0	2.08	47.00
2.06	48.5	2.31	47.00	2.36	47.5	2.23	47.50
2.25	48.5	2.12	47.00	2.08	47.5	2.31	47.50
2.19	49.0	2.08	47.50	2.19	48.0	2.25	48.50
2.01	49.0	2.03	47.50	2.33	48.0	2.20	48.50
2.26	49.5	1.95	48.50	2.48	48.5	2.32	47.00
2.10	49.5	2.08	48.50	2.25	48.5	2.26	47.00
2.40	48.0	2.36	47.50	2.28	48.0	2.17	48.00
2.35	48.0	2.17	47.50	2.13	48.0	2.23	48.00
2.48	47.5	2.11	47.00	2.21	47.5	2.20	48.50
2.43	47.5	2.14	47.00	2.28	47.5	2.14	48.50
2.18	47.0	2.23	47.50	2.18	48.5	2.26	47.50
2.29	47.0	2.20	47.50	2.28	47.5	2.14	48.50
2.35	48.5	2.11	48.00	2.18	48.5	2.26	47.50
2.23	47.5	2.26	48.00	2.11	47.5	2.18	48.00
2.12	47.5	2.17	48.00	2.32	48.0	2.29	48.50
2.35	47.5	2.26	48.00	2.03	48.0	2.25	48.50
2.23	47.5	2.17	48.00	2.17	48.0	2.34	48.00
2.35	47.0	2.42	47.00	2.02	48.0	2.31	48.00
2.24	48.0	2.34	48.00	2.25	47.5	2.18	48.50
2.46	48.0	2.36	48.00	2.40	47.5	2.24	48.50
2.08	47.5	2.28	48.50	2.26	48.0	2.15	47.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.34	48.0	2.48	47.50	2.10	49.0	2.11	48.00
2.15	48.5	2.13	47.00	2.08	48.8	2.15	47.00
2.06	48.5	2.21	47.00	2.13	48.8	2.26	47.00
2.25	47.0	2.11	48.50	2.49	49.0	2.17	47.00
2.48	47.0	2.03	48.50	2.38	49.0	2.14	47.00
2.19	48.0	2.28	49.00	2.45	49.5	2.11	48.00
2.36	48.0	2.23	49.00	2.30	48.5	2.29	48.00
2.23	47.0	2.32	47.50	2.27	48.0	2.32	47.50
2.33	47.0	2.29	47.50	2.35	48.0	2.23	47.50
2.28	47.5	2.20	48.00	2.18	48.5	2.17	47.50
2.43	47.5	2.14	48.00	2.35	48.5	2.23	47.50
2.46	48.5	2.11	48.00	2.18	48.5	2.17	47.50
2.25	48.5	2.17	48.00	2.26	48.0	2.29	48.00
2.13	48.0	2.23	47.50	2.13	48.5	2.34	47.50
2.25	48.5	2.17	48.00	2.32	48.5	2.18	47.50
2.46	48.5	2.23	47.50	2.40	47.0	2.31	48.00
2.18	47.5	2.28	49.00	2.29	47.0	2.35	48.00
2.46	47.0	2.37	47.50	2.28	48.0	2.27	48.00
2.25	47.0	2.22	47.50	2.56	49.5	2.29	48.00
2.04	48.5	2.18	48.00	2.56	49.5	2.23	47.50
2.16	48.5	2.29	48.00	2.25	49.5	2.17	47.50
2.35	47.0	2.31	48.50	2.48	49.0	2.11	48.00
2.26	47.0	2.18	48.50	2.37	49.0	2.08	48.00
2.11	47.4	2.28	47.00	2.33	48.0	2.21	48.50
2.29	47.4	2.33	47.00	2.41	48.0	2.26	48.50
2.41	48.6	2.39	49.00	2.45	47.5	2.33	47.50
2.31	48.6	2.36	49.00	2.27	47.5	2.29	47.50
2.25	49.0	2.29	48.00	2.41	48.0	2.01	49.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.18	48.0	2.07	49.50	2.36	48.5	2.26	49.00
2.04	48.5	2.11	47.50	2.21	49.0	2.29	48.00
2.23	48.5	2.17	47.50	2.15	49.0	2.26	49.00
2.46	47.0	2.14	48.00	2.36	48.5	2.29	48.00
2.46	47.0	2.11	48.00	2.15	47.5	2.37	48.00
2.25	48.0	2.23	47.50	2.23	48.0	2.42	48.50
2.46	47.0	2.11	48.00	2.37	48.0	2.12	48.50
2.25	48.0	2.23	47.50	2.08	48.5	2.28	47.50
2.19	47.5	2.23	48.00	2.19	48.5	2.21	47.50
2.37	47.0	2.06	47.50	2.43	47.0	2.15	48.00
2.26	47.0	2.19	47.50	2.48	47.0	2.11	48.00
2.15	48.0	2.37	49.00	2.58	49.5	2.14	48.50
2.22	48.0	2.25	49.00	2.40	49.5	2.11	48.50
2.04	48.5	2.17	48.50	2.37	48.5	2.20	48.00
2.08	48.5	2.23	48.50	2.22	48.5	2.17	48.00
2.48	49.5	2.11	48.50	2.27	47.5	2.11	48.50
2.25	49.5	2.14	48.50	2.38	47.5	2.08	48.50
2.33	48.5	2.20	48.00	2.12	48.0	1.98	49.00
2.30	48.5	2.17	48.00	2.27	48.0	2.23	49.00
2.23	47.0	2.01	49.50	2.31	49.0	2.19	48.50
2.45	47.0	2.07	49.50	2.48	49.0	2.27	48.50
2.48	47.5	2.11	48.50	2.26	48.5	2.26	48.00
2.43	47.5	2.28	48.50	2.18	48.5	2.18	48.00
2.48	47.0	2.31	48.00	2.28	47.5	2.29	48.50
2.27	48.5	2.24	48.00	2.32	47.5	2.21	48.50
2.34	48.5	2.18	48.50	2.42	47.0	2.18	48.00
2.21	49.0	2.27	48.50	2.32	47.5	2.29	48.50
2.15	49.0	2.34	49.00	2.42	47.0	2.21	48.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
2.19	48.5	2.44	47.00	2.37	47.0	2.19	48.00
2.06	48.0	2.11	47.50	2.18	48.5	2.09	47.00
2.28	48.0	2.32	47.50	2.45	48.5	2.20	47.00
2.28	49.1	2.36	48.50	2.07	47.0	2.41	48.50
2.22	47.5	2.24	48.50	2.33	47.0	2.38	48.50
2.38	47.0	2.16	48.00	2.22	48.0	2.38	48.00
2.48	49.0	2.17	48.00	2.48	48.0	2.26	48.00
2.01	49.0	2.31	47.63	2.27	48.5	2.44	47.50
2.18	49.0	2.23	48.25	2.24	48.5	2.35	47.50
2.45	49.5	2.38	46.75	2.02	46.5	2.32	48.00
2.51	49.5	2.32	47.50	2.20	46.5	2.29	48.00
2.37	48.5	2.27	47.75	2.32	48.0	2.24	48.00
2.42	48.5	2.35	47.38	2.41	48.0	2.34	47.50
2.40	49.0	2.41	46.00	2.36	47.5	2.30	47.50
2.34	49.0	2.39	46.00	2.30	47.6	2.32	48.00
2.25	49.5	2.34	47.50	2.27	47.8	2.27	48.00
2.48	49.5	2.38	47.50	2.33	47.9	2.36	47.50
2.25	48.0	2.41	47.00	2.20	47.4	2.31	48.00
2.18	48.0	2.29	47.00	2.32	47.5	2.27	48.00
2.32	48.5	2.32	48.00	2.25	47.9	2.36	47.50
2.37	48.5	2.24	48.00			2.07	48.00
2.41	47.0	2.29	47.00			2.11	47.50
2.37	48.5	2.32	48.00			2.24	47.50
2.41	47.0	2.24	48.00			2.22	48.00
2.40	47.5	2.38	48.00			2.15	48.00
2.22	48.0	2.35	47.50			2.05	48.50
2.32	48.0	2.23	47.50			2.11	48.50
2.26	47.0	2.27	48.00			2.38	46.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014		Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
		2.29	46.50			2.28	49.00
		2.23	47.50			2.14	48.50
		2.23	47.50			2.17	48.50
		2.11	47.00			2.09	47.00
		2.08	47.00			2.05	47.00
		2.11	48.00			2.01	48.00
		2.25	48.00			2.18	48.00
		2.14	48.50			2.24	47.50
		2.37	48.50			2.15	47.50
		2.22	47.00			2.27	48.50
		2.15	47.00			2.15	47.50
		2.25	48.00			2.27	48.50
		2.32	48.00			2.14	47.00
		2.15	47.00			2.08	48.50
		2.25	48.00			2.08	48.50
		2.32	48.00			2.56	47.00
		2.14	47.00			2.26	47.00
		2.11	46.50			2.02	48.00
		2.17	46.50			2.24	48.00
		2.14	47.50			2.31	47.00
		2.20	47.50			2.16	47.00
		2.11	48.00			2.27	48.50
		2.18	48.00			2.29	48.50
		2.24	47.00			2.23	48.00
		2.30	47.00			2.12	48.00
		2.18	48.50			2.25	47.50
		2.22	48.50			2.28	47.50
		2.23	49.00			2.13	47.00



Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
		2.21	47.00
		2.09	48.00
		2.33	48.00
		2.18	48.50

Bulan Juli 2014		Bulan Agustus 2014	
%Pol	%Zk	%Pol	%Zk
		2.15	48.50
		2.23	47.50
		2.15	48.50
		2.23	47.50

## Lampiran 2. Program Matlab untuk Diagram Kontrol MEWMV

```

clc; clear all;
X = importdata('D:\TA\ttt\dua.txt');
omega=0.4;
lamda=0.4;
p=2;
L=4.1875;
A=X*X';
[brsA,klmA]=size(A);
m=brsA;
I=eye(m);
for i=1:m;
    elemen(i)=lamda*(1-lamda)^(1-i);
end
for j=1:m;
    for j2=1:m;
        if j<j2;
            M(j,j2)=0;
        else
            M(j,j2)=lamda*(1-lamda)^(j-j2);
        end
    end
end
for u=1:brsA
    A_partial_u=A(1:u,1:u);
    I_partial_u=I(1:u,1:u);
    M_partial_u=M(1:u,1:u);
    for i=1:u
        if i>1
            elemenC(i)=omega*(1-omega)^(u-i);
        else
            elemenC(i)=(1-omega)^(u-i);
        end
    end
    C=diag(elemenC);
    Q=(I_partial_u-M_partial_u)'*C*(I_partial_u-M_partial_u);
    trv(u)=trace(Q*A_partial_u);
    estt(u)=p*trace(Q);

```

## Lampiran 2. Program Matlab untuk Diagram Kontrol MEWMV(lanjutan)

```

Q2=Q.^2;
sumQ2=sum(sum(Q2));
varr(u)=2*p*sumQ2;
ba=estt+(L*sqrt(varr));
bb=estt-(L*sqrt(varr));
end
trv_partial=trv(:,1:m);
estt_partial=estt(:,1:m);
varr_partial=varr(:,1:m);
ba_partial=ba(:,1:m);
bb_partial=bb(:,1:m);
keluar1=0;
d1=0;
for i=1:m-1
    if trv_partial(i)>ba_partial(i)
        keluar1=keluar1+1;
        d1=d1+1;
        ygkeluar1(d1)=i;
    end
end
keluar2=0;
d2=0;
for i=1:m-1
    if trv_partial(i)<bb_partial(i)
        keluar2=keluar2+1;
        d2=d2+1;
        ygkeluar2(d2)=i;
    end
end
jumlah_keluar = keluar1+keluar2;
x=1:m;
plot(x,trv_partial,'b.-',x,ba_partial,'k-',x,bb_partial,'k-');
title('Diagram Kontrol MEWMV')
xlabel('Obeservasi ke-')
ylabel('tr(vt)')

```

### Lampiran 3. Program Software R untuk Uji Multivariat Normal

```

multinorm.test <- function(X){
  #input X adalah matriks berukuran n ´ p
  X <- as.data.frame(X) #memastikan X berbentuk matriks (kenapa?)
  mu <- colMeans(X) #menghitung vector mean dari matriks X
  S <- cov(X) #menghitung matriks penduga S
  invS <- solve(S)
  d <- matrix(rep(0,nrow(X)),nrow(X),1)
  eval <- matrix(rep(0,nrow(X)),nrow(X),1)
  q <- qchisq(0.5,ncol(X)) #menghitung titik kritis
  for (i in 1:nrow(X)){ #fungsi ini menghitung jarak dan
    mengevaluasinya terhadap titik kritis
    d[i] <- as.numeric(X[i,] - mu) %*% (invS) %*% as.numeric (t(X[i,]
    - mu))
    ifelse (d[i] <= q, eval[i] <- 1, eval[i] <- 0)
  }
  prop <- sum(eval)/nrow(X) #menghitung proporsi jarak yang
  memenuhi kriteria pengujian
  result <- list(distance = d, chisquared = q, proportion = prop)
  return(result)
}

```

## Lampiran 4. Output Minitab Statistika Deskriptif

---

6/29/2015 9:03:31 AM

---

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\TA\TA GULA\PERHITUNGAN\MINITAB.MPJ'

### **Descriptive Statistics: poljuli, zkjuli, polagust, zkagust**

Variable	Mean	StDev	Minimum	Maximum
poljuli	2.2572	0.1536	1.8800	2.9000
zkjuli	48.094	0.755	46.500	50.000
polagust	2.2993	0.1405	1.9500	2.7800
zkagust	47.884	0.682	46.000	49.500

**Lampiran 5. Output Minitab Uji Korelasi****Correlations: pol, zk**

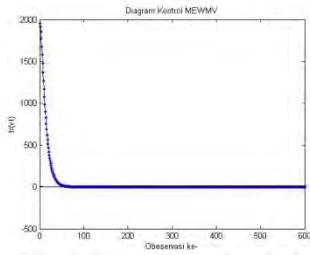
Pearson correlation of pol and zk = -0.170  
P-Value = 0.000

**Lampiran 6. Output R Uji Normal Multivariat**

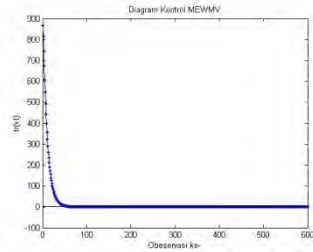
```
$chisquared  
[1] 1.386294  
  
$proportion  
[1] 0.5023585
```

## Lampiran 7. Gambar Diagram Kontrol MEWMV dengan Berbagai Pembobot

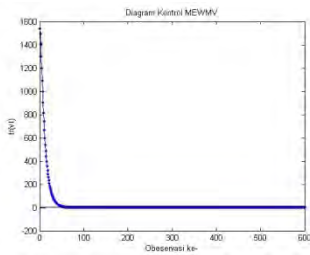
Pembobot  $\omega=0,1$  dan  $\lambda=0,1$



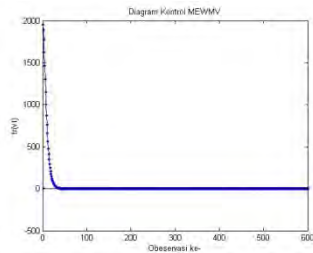
Pembobot  $\omega=0,1$  dan  $\lambda=0,4$



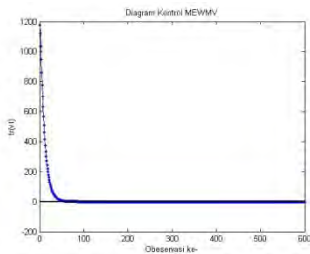
Pembobot  $\omega=0,1$  dan  $\lambda=0,2$



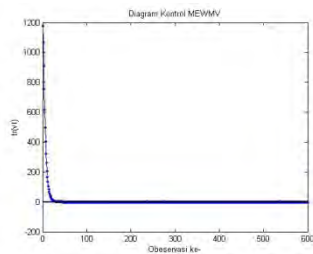
Pembobot  $\omega=0,2$  dan  $\lambda=0,1$



Pembobot  $\omega=0,1$  dan  $\lambda=0,3$

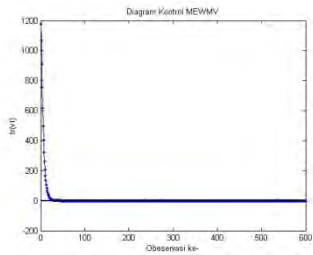


Pembobot  $\omega=0,2$  dan  $\lambda=0,2$

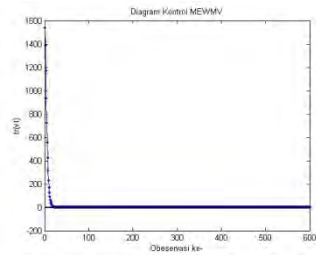




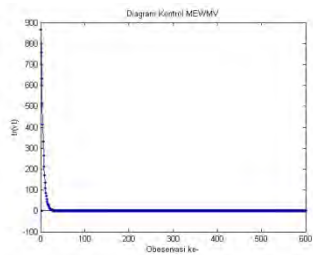
Pembobot  $\omega=0,2$  dan  $\lambda=0,3$



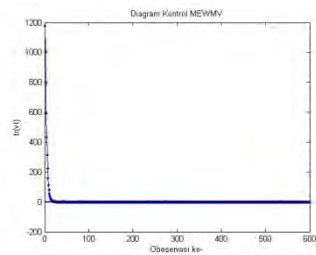
Pembobot  $\omega=0,3$  dan  $\lambda=0,2$



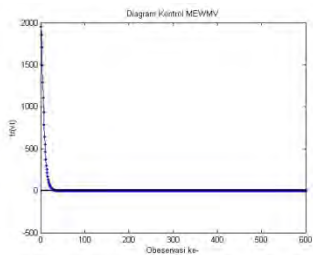
Pembobot  $\omega=0,2$  dan  $\lambda=0,4$



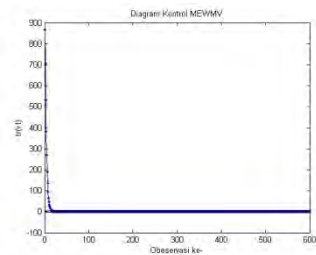
Pembobot  $\omega=0,3$  dan  $\lambda=0,3$



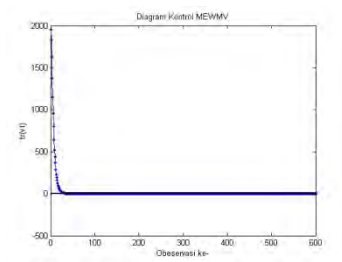
Pembobot  $\omega=0,3$  dan  $\lambda=0,1$



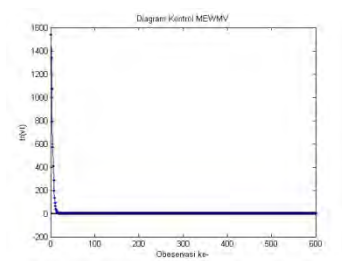
Pembobot  $\omega=0,3$  dan  $\lambda=0,4$



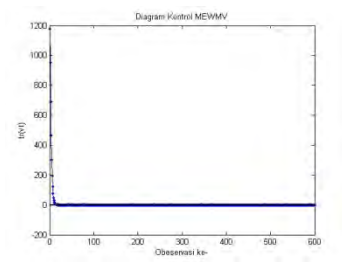
Pembobot  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,1$



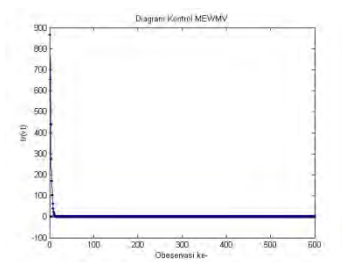
Pembobot  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,2$



Pembobot  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,3$



Pembobot  $\omega=0,4$  dan  $\lambda=0,4$



### Lampiran 8. Nilai Bobot $\lambda$ , $\omega$ dan L dengan $p=2$

$\lambda$	$\omega$	L	$\lambda$	$\omega$	L
0.1	0.1	2.8725	0.1	0.4	4.1625
0.2		2.8738	0.2		4.1675
0.3		2.8800	0.3		4.1788
0.4		2.8838	0.4		4.1875
0.5		2.8900	0.5		4.1900
0.6		2.8975	0.6		4.2050
0.7		2.9038	0.7		4.2088
0.8		2.9138	0.8		4.2150
0.9		2.9238	0.9		4.2250
0.1	0.2	3.4725	0.1	0.5	4.4000
0.2		3.4775	0.2		4.4000
0.3		3.4850	0.3		4.4050
0.4		3.4975	0.4		4.4150
0.5		3.5075	0.5		4.4225
0.6		3.5175	0.6		4.4225
0.7		3.5275	0.7		4.4300
0.8		3.5350	0.8		4.4350
0.9		3.5394	0.9		4.4350
0.1	0.3	3.8675	0.1	0.6	4.5875
0.2		3.8725	0.2		4.5925
0.3		3.8800	0.3		4.5875
0.4		3.8850	0.4		4.5938
0.5		3.9000	0.5		4.6013
0.6		3.9100	0.6		4.6000
0.7		3.9213	0.7		4.5975
0.8		3.9325	0.8		4.6000
0.9		3.9413	0.9		4.5975

$\lambda$	$\omega$	L
0.1	0.7	4.7281
0.2		4.7313
0.3		4.7288
0.4		4.7325
0.5		4.7350
0.6		4.7450
0.7		4.7250
0.8		4.7225
0.9		4.7100
0.1	0.8	4.8313
0.2		4.8281
0.3		4.8313
0.4		4.8313
0.5		4.8359

$\lambda$	$\omega$	L
0.6	0.9	4.8250
0.7		4.8188
0.8		4.8063
0.9		4.8004
0.1		4.8953
0.2		4.8900
0.3		4.8900
0.4		4.8900
0.5		4.8950
0.6		4.8813
0.7		4.8725
0.8		4.8638
0.9		4.8475

**Lampiran 9. Penurunan Rumus MEWMA, dan ditemukan varians :**

$$Z_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Z_{i-1}$$

$$Z_1 = \lambda X_1 + (1 - \lambda)Z_0$$

$$Z_2 = \lambda X_2 + (1 - \lambda)Z_1$$

$$= \lambda X_2 + (1 - \lambda)[\lambda X_1 + (1 - \lambda)Z_0]$$

$$= \lambda X_2 + \lambda(1 - \lambda)X_1 + (1 - \lambda)^2 Z_0$$

$$Z_3 = \lambda X_3 + (1 - \lambda)Z_2$$

$$= \lambda X_3 + (1 - \lambda)[\lambda X_2 + \lambda(1 - \lambda)X_1 + (1 - \lambda)^2 Z_0]$$

$$= \lambda X_3 + \lambda(1 - \lambda)X_2 + \lambda(1 - \lambda^2)X_1 + (1 - \lambda)^3 Z_0$$

$$= \lambda X_3 + \lambda(1 - \lambda)X_2 + \lambda(1 - \lambda^2)X_1$$

$$Z_t = \sum_{i=1}^t \lambda(1 - \lambda)^{t-i} X_i$$

$$Var(Z_t) = Var\left(\sum_{i=1}^t \lambda(1 - \lambda)^{t-i} X_i\right)$$

$$= \sum_{i=1}^t \lambda(1 - \lambda)^{t-i} Var\left(\sum_{i=1}^t X_i\right)$$

$$= \lambda^2(1 - \lambda)^{2t-2} \sigma^2$$

$$= \lambda^2 + \lambda^2(1 - \lambda)^2 + \lambda^2(1 - \lambda)^4 + \dots) \sigma^2$$

$$= \lambda^2 \sigma^2 (1 + (1 - \lambda)^2 + \lambda^2(1 - \lambda)^4 + \dots)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\lambda^2 \sigma^2}{(1 - (1 - \lambda)^2)} \\ &= \frac{\lambda^2 \sigma^2}{(2 - \lambda)^2} \\ &= \frac{\lambda^2}{(2 - \lambda)^2} \sigma^2 \\ &= \frac{\lambda}{(2 - \lambda)} \sigma^2 \end{aligned}$$

## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

Lampiran 1 Data Penelitian .....	45
Lampiran 2 Program Matlab untuk Diagram Kontrol MEWMV ..	58
Lampiran 3 Program Software R untuk Uji Normal Multivariat ..	60
Lampiran 4 Output Minitab Statistika Deskriptif .....	61
Lampiran 5 Output Minitab Uji Korelasi .....	62
Lampiran 6 Output R Uji Normal Multivariat .....	63
Lampiran 7 Gambar Diagram Kontrol MEWMV dengan Berbagai Pembobot .....	64
Lampiran 8 Nilai Bobot $\lambda$ , $\omega$ dan L dengan $p=2$ .....	67
Lampiran 9 Penurunan Rumus MEWMA, ditemukan Varians....	69

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*